

Fotovoltaická transformace energie - vzdálený experiment po Internetu

Photovoltaic energy transformation - remote Internet experiment

Tomáš Řehák



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš ŘEHÁK**
Osobní číslo: **A08258**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Téma práce: **Fotovoltaická transformace energie – vzdálený experiment po Internetu**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte otázky fyzikálních principů transformace zářivé na elektrickou energii.
2. Sestavte experimentální aparaturu na bázi systému ISES (Internetový školní experimentální systém).
3. Proveďte ověřovací měření na standardních fotovoltaických článcích.
4. Pro účely diseminace organických PV článků zvládněte přípravu elektrochemického organického článku.
5. Převeďte laboratorní experiment na vzdáleně řízený na bázi server-klient pomocí techniky www stránky a kompilovaných Java appletů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

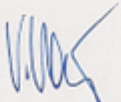
1. MARKVART, Tom; CASTANER, Luis. Practical handbook of Photovoltaics : Fundamentals and Applications. Oxford : Elsevier, 2006. 983 s.
2. SUN, Sam-Shajing; SARICIFTCI, Niyazi Serdar. Organic Photovoltaics : Mechanisms, Materials, and Devices. United States : CRC Press, 2005. 629 s.
3. GERSHENFELD, Neil. The Physics of Information Technology. Cambridge : Cambridge University Press, 2000. 370 s.
4. FRANK, Helmar. Fyzika a technika polovodičů. Praha : SNTL, 1990. 283 s.
5. SEDLÁK, Bedřich; ŠTOLL, Ivan. Elektřina a magnetismus. Praha : Karolinum, 1993. 599 s.
6. SCHAUER, František; KUŘITKA, Ivo; LUSTIG, František. Creative Laboratory Experiments for Basic Physics Using Computer Data Collection and Evaluation Exemplified on the Intelligent School Experimental System (ISES) [online]. USA, 2006 [cit. 2011-02-02]. Dostupné z WWW: [http://www.ises.info]. ISBN 0-9741252-5-3.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. František Schauer, DrSc.
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce: 25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 7. června 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Hlavním cílem této práce je s použitím systému ISES sestavit experiment pro charakterizaci různých typů fotovoltaických článků, poté ho převést na vzdálený experiment šířený po Internetu pomocí programového prostředí ISES web control kit.

V teoretické části je popsán princip fotovoltaického jevu jak v klasických křemíkových fotočláncích, tak i v nově vyvíjené technologii organické přeměny zářivé energie na elektrickou.

V praktické části práce je podrobně představen způsob vytvoření vzdáleného experimentu z jednotlivých ISES komponent, od hardwarové skladby až po kompletní softwarová řešení.

Klíčová slova: Fotovoltaický jev, ISES (Internetový Školní Experimentální Systém), křemíkový fotovoltaický článek, organický fotovoltaický článek, sluneční energie, vzdálená laboratoř

ABSTRACT

The main objective of this work is to use the system ISES to build an experiment to characterize the different types of photovoltaic cells, then convert it to a remote experiment via the Internet using distributed programming environment, ISES web control kit.

The theoretical part describes the principle of photovoltaic effect, conversion of radiant energy into electrical energy in both the conventional polycrystalline silicon photovoltaic cells and in the emerging technology of organic solar cell.

The practical part presents in detail both the building of the remote experiment from individual ISES physics hardware components to the description of software solutions.

Keywords: Photovoltaic effect, ISES (Internet School Experimental System), silicon solar cell, organic solar cell, solar energy, remote laboratory

Touto cestou bych chtěl poděkovat především svému vedoucímu bakalářské práce, prof. Ing. Františku Schauerovi, DrSc., za odborné vedení a rady udělené při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval doc. RNDr. Jiřímu Touškovi, CSc. z MFF UK za představení technologie výroby organického fotovoltického článku a Mgr. Jiřímu Dvořákovi za pomoc s podstatou programového nastavení měřicího serveru.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ENERGIE A LIDSTVO.....	11
2 PRINCIP A VYUŽITÍ FOTOVOLTAICKÉHO JEVU	13
2.1 KŘEMÍKOVÝ SLUNEČNÍ ČLÁNEK	15
2.2 ELEKTROCHEMICKÝ ORGANICKÝ SLUNEČNÍ ČLÁNEK.....	16
2.3 NANOHETEROSTRUKTURÁLNÍ ORGANICKÝ SLUNEČNÍ ČLÁNEK	17
3 VÝROBA ELEKTROCHEMICKÉHO ORGANICKÉHO ČLÁNKU	18
4 ISES (INTERNETOVÝ ŠKOLNÍ EXPERIMENTÁLNÍ SYSTÉM).....	21
5 ISES WEB CONTROL KIT	24
5.1 IMAGE SERVER (OBRAZOVÝ SERVER).....	24
5.2 HTTPRELAY SERVER (RELÉOVÝ SERVER)	25
5.3 MEASURE SERVER (MĚŘICÍ SERVER)	25
5.4 ŘÍDICÍ MODULY MEASURE SERVERU.....	27
5.5 SADA ZKOMPILOVANÝCH JAVA APPLETŮ.....	29
5.6 WEBSERVER	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
6 LABORATORNÍ POČÍTAČOVĚ ORIENTOVANÝ EXPERIMENT	34
7 PŘEVOD NA VZDÁLENÝ EXPERIMENT	36
7.1 POUŽITÉ FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY	36
7.2 RELÉOVÁ DESKA	37
7.3 ZDROJ ŘÍZENÝ NAPĚTÍM	38
7.4 SIMULÁTOR SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ.....	39
7.5 ISES ZÁSUVNÉ MODULY.....	39
7.6 ISES ŘÍDICÍ PANEL	40
7.7 WEBKAMERA	40
7.8 SERVER	41
8 SOFTWAREVÉ ŘÍZENÍ VZDÁLENÉHO EXPERIMENTU.....	42
8.1 NASTAVENÍ MEASURE SERVERU	43
8.2 ŘÍDICÍ .PSC SOUBOR.....	44
8.3 NASTAVENÍ IMAGE SERVERU	47
8.4 POUŽITÉ JAVA APPLETY V HTML STRÁNCE	48
8.4.1 ConnectionHub	48

8.4.2	ValueSend	49
8.4.3	Graph2D	49
8.4.4	SingleValue	50
8.4.5	ExperimentControl	51
8.4.6	Scrollbar	52
8.4.7	ExperimentSelect	52
8.4.8	ExperimentGraph2D	53
8.4.9	ExperimentList	54
8.5	HTML STRÁNKA	54
8.6	WEBSERVER	57
ZÁVĚR		58
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ		59
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		60
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		62
SEZNAM OBRÁZKŮ		64
SEZNAM PŘÍLOH		66

ÚVOD

V současné době je jedním z největších problémů lidstva levné, účinné a především ekologické získávání elektrické energie. S rozvojem a postupným uplatňováním alternativních zdrojů je nutno tyto technologie stále studovat a informovat o nich širokou veřejnost. Jednou z možností, jak tyto informace zprostředkovávat v uživatelsky a edukačně velmi příjemné a jednoduché formě, je zakládání vzdálených laboratoří. Také proto vznikl systém ISES (*Internet School Experimental System*), který slouží především pro sběr dat a jako prostředek pro provoz měření v nejen vzdálených laboratořích fyziky, biologie nebo chemie.

Laboratoře začaly hrát velkou roli ve vyučování a studování přírodních věd. Experimenty zaměřené na nejrůznější jevy se pro snadnější pochopení provádějí především fyzicky. Z důvodu špatné dostupnosti těchto laboratoří a vysoké ceny jejich vybavení byl zaveden systém takzvaných vzdálených laboratoří, které jsou koncentrovány například v méně využívaných laboratořích, a jsou dostupné pro každého zájemce či studenta pomocí Internetu. K realizaci měření je poté potřeba pouze počítač, internetové připojení, webový prohlížeč a Java Runtime Environment.

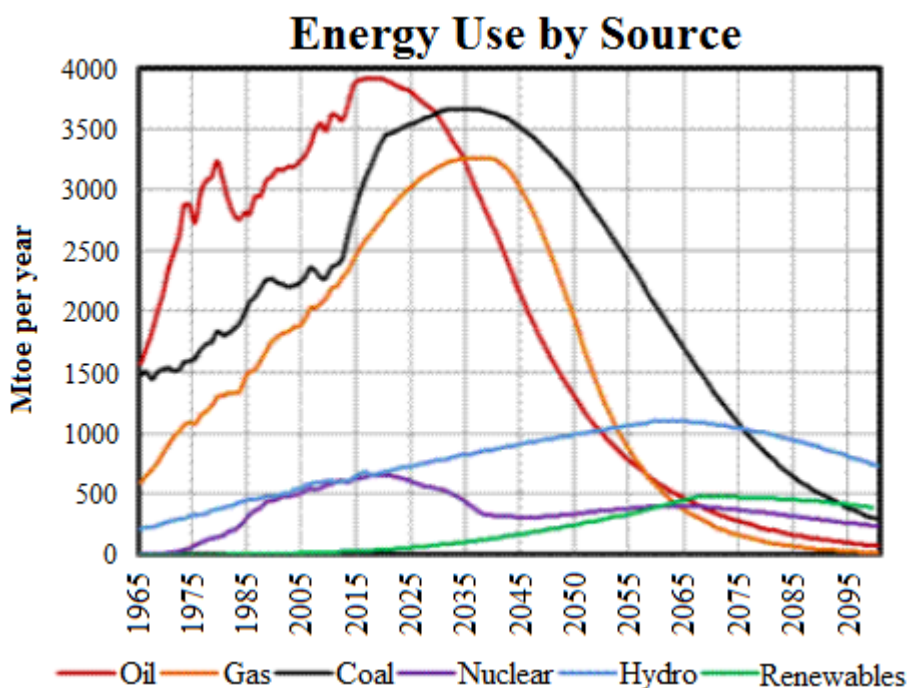
Díky těmto možnostem mohl vzniknout plně počítačově orientovaný experiment pro charakterizaci a následné srovnání fotovoltických článků různých typů, jako prostředků přeměny zářivé energie na elektrickou, který byl posléze transformován na vzdálený experiment, pracující na bázi server-klient. Seznam fotovoltických článků k charakterizaci byl obohacen o elektrochemický organický článek, který je zajímavý tím, že byl pro účely této práce vyroben v laboratoři z přírodních materiálů, zde pomocí anthocianinu extrahovaného z květů ibišku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGIE A LIDSTVO

Již dlouhou dobu je jedním z největších problémů lidstva čerpání energie z přírody. Požadavkem je snadná, levná, účinná a především ekologická výroba elektrické energie. Spotřeba energie lidstvem samozřejmě stále rychle stoupá, aby stačila uspokojovat jeho rostoucí touhu po komfortu, mobilitě a v neposlední řadě z důvodu rostoucí lidské populace. S růstem životní úrovně obyvatel se objevují stále další místa spotřeby. Tato spotřeba bohužel bývá často uspokojována pomocí uhelných elektráren, které produkují ohromné množství emisí a s automobilovou dopravou tvoří důvod globálního oteplování.

Lidstvo získává 88% svojí potřeby energie spalováním fosilních paliv (36% ropa, 24% zemní plyn, 28% uhlí), jež se na Zemi vytvořila během posledních 200 milionů let. Dalšími podstatnějšími zástupci je s 6% energie jaderná a taktéž s 5% energie z vodních elektráren. Pouze 1% lidské spotřeby energie je uspokojeno z obnovitelných zdrojů, energie slunce či větru. [1]



Obr. 1 Využívání zdrojů energie lidstvem [1]

Takzvané alternativní zdroje energie, do nichž patří i energie sluneční, mají bohužel i svá úskalí. Slunce svítí pouze ve dne, když vysoká spotřeba elektrického proudu je taktéž v noci. Dále jsou fotovoltaické elektrárny velmi nákladné, hyzdí malebnost přírodního okolí a pro relativně malý výkon zabírají obrovskou plochu.

Pouze 1% lidské spotřeby je velmi málo, když se Slunce dá využívat pro získávání prakticky veškeré nutné energie pro život - jak nejdůležitější elektrické energie, tak pro zpracování záření přímo pro ohřev vody, popřípadě vytápění objektů. Slunce v každém okamžiku vyzařuje na planetu Zemi osmtisíckrát větší množství energie, než je její aktuální spotřeba lidstvem ($1,2 \cdot 10^5$ TW, lidská civilizace potřebuje pouze 15 TW).

Energie čerpaná ze slunce je dnes mnohdy chápána spíše jako módní doplněk, či vítaný pomocník energii elektrické ze společné rozvodné sítě, místo aby byla chápána jako nutnost pro další existenci lidstva. Celkové zásoby ropy na Zemi se odhadují na 3 bilióny barelů (477 biliónů litrů), které obsahují $1,7 \cdot 10^{22}$ J energie. Stejně množství energie vyzáří na Zemi Slunce za 36 hodin a množství energie, které lidstvo spotřebuje za jeden rok, je vyzářeno Sluncem za pouhou jednu hodinu.

Sluneční záření se dá přeměnit na elektrickou energii několika způsoby, největší naděje se však vkládají do tzv. slunečních baterií, které tuto přeměnu zprostředkovávají přímo. Zdá se, že právem, protože na každý 1 m^2 osvětlené plochy dopadá (při kolmém dopadu) za každou 1 s asi 750 J [2] energie (celosvětový průměr je 170 W/m^2 [5]). Slunce se tedy jeví jako řešení otázky spotřeby energie lidstvem, jako velmi vhodný zdroj pro získávání elektrické energie. Bohužel tato vize je otázkou budoucnosti, v dnešní době nejsou dostatečně účinné technologie a přeměna této energie nestačí k masovému využití a nahrazování především uhelných elektráren.



Obr. 2 Sluneční kolektor pro ohřev vody [3], různé typy fotovoltaických panelů [4]

2 PRINCIP A VYUŽITÍ FOTOVOLTAICKÉHO JEVU

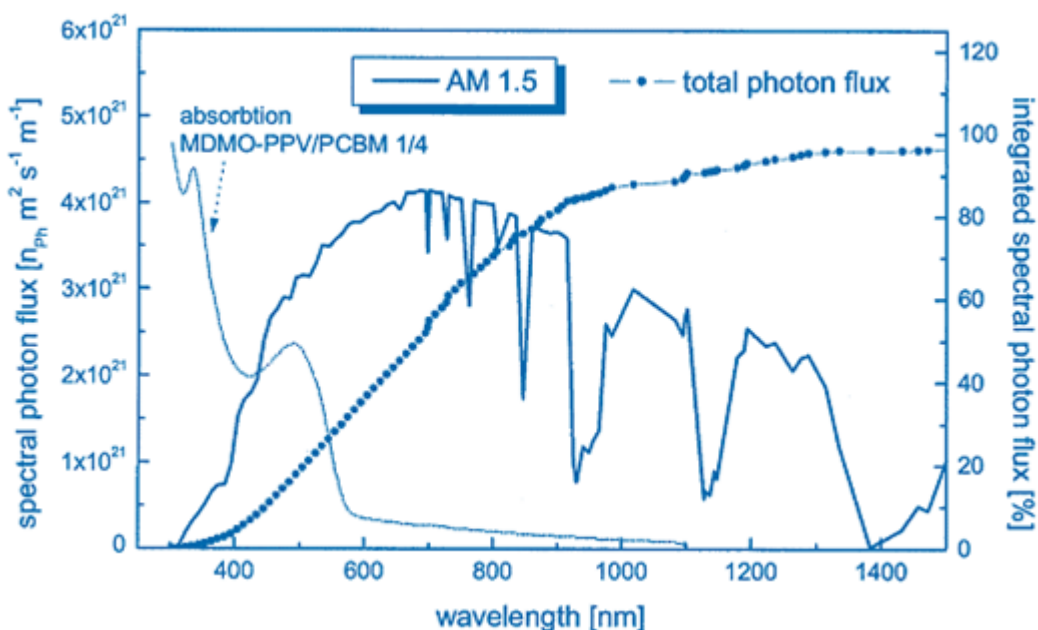
Fotovoltaika je metodou přímé přeměny slunečního záření na elektřinu s využitím fotoelektrického jevu. Vnější fotoelektrický jev je fyzikální jev, při němž jsou elektrony uvolňovány (vyzařovány, emitovány) z látky v důsledku absorpce kvanta elektromagnetického záření danou látkou, například z rentgenového záření nebo z viditelného světla. Emitované elektrony jsou poté označovány jako fotoelektrony a jejich uvolňování se označuje jako fotoelektrická emise (fotoemise). Tento jev byl objeven v roce 1839 francouzským fyzikem Alexandrem Edmondem Becquerelem. V roce 1876 objevili stejný efekt pro selenové krystaly pánové William G. Adams a Richard E. Day. V roce 1905 se Albertu Einsteinovi podařilo fotoelektrický jev vysvětlit, za což získal v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku. Význam fotovoltaiky se projevil především v kosmonautice, kde je prakticky jediným zdrojem elektrické energie. [5]



Obr. 3 Objevitel fotoelektrického jevu Alexandre Edmond Becquerel [6]

Má-li docházet ke generaci elektromotorického napětí, musíme využít vnitřního fotoelektrického jevu, kdy se pohlceným zářením uvolněné nosiče (tj. elektrony a díry) od sebe oddělí a pak se dostávají k elektrodám. Tuto úlohu v převážné ve většině aplikací poslední doby vykonává elektrické pole existující v PN přechodu polovodičových materiálů. [2] Kvůli složité výrobní technologii, vysoké spotřebě energií a vysoké ceně polovodičových panelů se začala paralelně vyvíjet alternativní technologie na bázi organických barviv. Tato metoda ještě není tak propracována, aby se mohla výkonově rovnat polovodičovým panelům, avšak již nyní je její nespornou výhodou nesrovnatelně nižší výrobní cena.

Na Obr. 4 je spektrum slunečního záření. Pro přeměnu sluneční energie v polovodičových článcích je obvykle využívána oblast o vlnových délkách 600-1000nm, tedy části viditelného světla a delších vlnových délek v blízké infračervené oblasti. Na to se velmi úzce váže využití různých druhů materiálů pro výrobu fotovoltaických článků, z důvodu různé účinnosti této přeměny energie při odlišné vlnové délce. Jako materiál lze využít germanium Ge, telurid kadmiový CdTe, selenid měďnat-indio-galiový In-Ga-CuSe a další anorganické slitiny. Doposud málo diskutovaným problémem výše uvedených materiálů je, že jsou na rozdíl od čistého křemíku vysoce toxické pro životní prostředí.



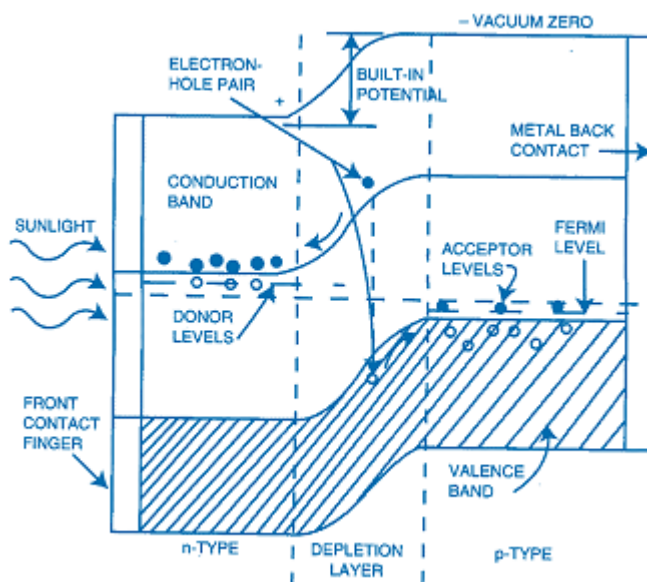
Obr. 4 Využívání různých vlnových délek záření [8]

Solární články vyžadují ochranu před vlivy prostředí, proto se umísťují mezi ochranné vrstvy, obvykle sklo a plastovou fólii, ale používají se i dvě skla nebo jiné kombinace materiálů. Jednotlivé fotovoltaické články se skládají do panelů a z panelů se budují rozsáhlé plochy pro využití zářivé energie. Jeden solární panel poskytuje do cca 300 W výkonu. Tyto systémy dodávají ze své podstaty stejnosměrný proud, který musí být pomocí střídače převeden na proud střídavý, což způsobuje další podstatné ztráty až 12%). [5]

Z globálního hlediska fotovoltaické systémy po svém nainstalování vyžadují minimální údržbu, jejich provozní náklady jsou nízké. Smutnou daní je vysoká pořizovací cena a postupem času se snižující účinnost fotovoltaických článků, tedy samozřejmě i dodávaný výkon. Po uplynutí životnosti panelů následuje nákladná ekologická likvidace.

2.1 Křemíkový sluneční článek

Fotony slunečního záření dopadají na PN přechod a svou energií vyrážejí elektrony z valenčního pásu do pásu vodivostního (uvolňují je z pevných vazeb na atomy krystalové mřížky). V nejjednodušším solárním článku jsou vytvořeny dvě vrstvy s rozdílným typem vodivosti. V jedné z vrstev (materiál typu N) převažují negativně nabitě elektrony, kdežto v druhé vrstvě (materiál typu P) převažují „díry“, které se dají popsat jako prázdná místa, která snadno akceptují elektrony. V místě, kde se tyto dvě vrstvy setkávají (PN přechod), dojde ke spárování elektronů s děrami, čímž se vytvoří elektrické pole, které zabrání dalším elektronům v pohybu z N-vrstvy do P-vrstvy. [5]



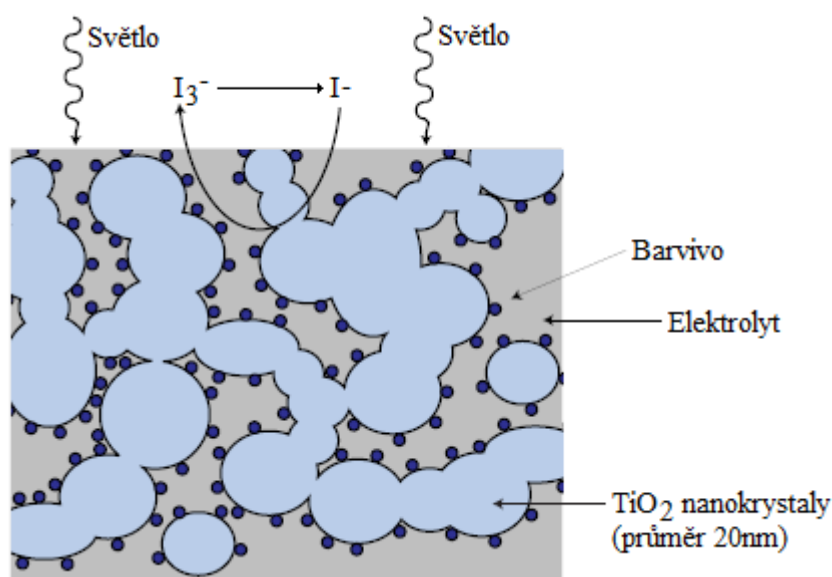
Obr. 5 Princip funkce polovodičového fotovoltaického článku [8]

Za normálních okolností jsou elektrony v polovodičovém materiálu pevně vázány k atomům krystalové mřížky, materiál je nevodivý. Každý atom křemíku má čtyři valenční elektrony. Přidáním velmi malého množství prvku s větším počtem valenčních elektronů (donor) se vytvoří oblast s vodivostí typu N, v níž se vyskytují volné elektrony, které mohou přenášet elektrický náboj. Naopak příměs prvku s menším počtem elektronů vytvoří oblast s vodivostí typu P, v níž se krystalovou mřížkou pohybují „díry“, místa, kde chybí elektron. Při zachycení fotonu o dostatečné energii (odpovídající vlnové délce) v polovodičovém materiálu vznikne jeden pár elektron-díra. Je-li vnější obvod uzavřen, pohybují se tyto nositele náboje opačným směrem, elektrony k záporné elektrodě, díry ke kladné. [5]

Samotné polovodičové články jsou dvojího typu - krystalické nebo tenkovrstvé. Krystalické články jsou vytvořeny na tenkých deskách polovodičového materiálu, tenkovrstvé články jsou přímo nanášeny na sklo nebo jinou podložku. V krystalických technologiích převažuje křemík, a to monokrystalický nebo multikrystalický. Tenkovrstvých technologií je celá řada, například amorfní křemík a mikrokřemík, jejichž kombinace se nazývá tandem. Výroba fotovoltaických panelů a systémů se v poslední době značně zdokonalila, teoreticky by ve vícevrstevném uspořádání mohla účinnost článku dosáhnout až 70%. [5]

2.2 Elektrochemický organický sluneční článek

Podstatou tohoto typu PV článku je využití organického barviva, které je v co největším množství zachyceno na povrchu i uvnitř pórovité struktury oxidu titaničitého TiO_2 . Toto barvivo vlastní hydroxylové $-OH$ skupiny a také kyslík $=O$. Tímto způsobem probíhá vazba na povrchu pórovité struktury TiO_2 . Dopadne-li na molekulu barviva foton, je z něj excitován elektron do vyššího energetického orbitu. Tento excitovaný stav elektronu („exciton“) způsobí, že elektron přejde do struktury TiO_2 . Elektrony jsou pak přeneseny přes vodivé sklo TiO_2 k anodě. Celý tento systém funguje na principu páru díra-elektron za cyklické regenerace elektronů z elektrolytu jako jejich donoru.

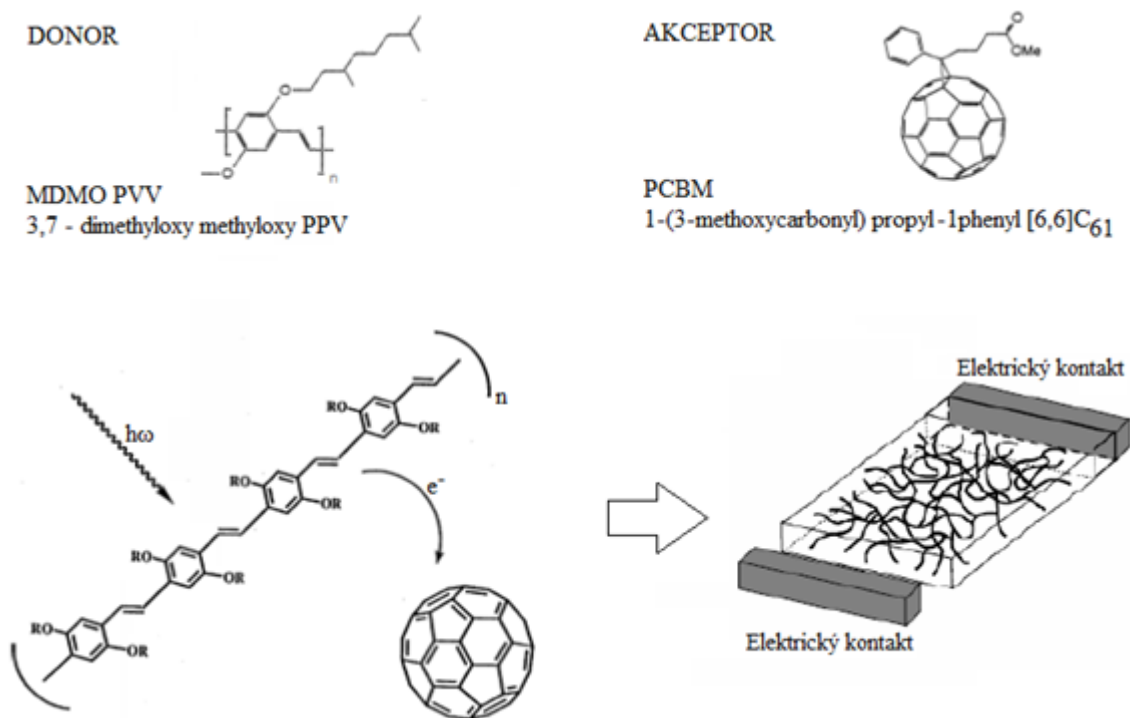


Obr. 6 Princip funkce elektrochemického organického článku [7]

2.3 Nanoheterostrukturální organický sluneční článek

Tento typ organického článku pracuje na obdobném principu. Donorem elektronů je souvislý, velmi dlouhý řetězec polymeru zvaného MDMO PPV (3,7 – dimethyloctyloxy methyloxy PPV) [8], který po ozáření fotonem vytváří excitony. Excitované elektrony jsou velmi rychle pohlceny akceptory, v tomto případě molekulami fullerenu PCBM (1-(3-methoxycarbonyl) propyl-1-phenyl [6,6]C₆₁) [8], což jsou uhlíkové molekuly kulovitého tvaru, skládající se z 61 atomů uhlíku.

Zajímavostí je, že tento přesun elektronu z donoru na akceptor se děje velmi rychle (okolo 40 fs [8]) a probíhá s téměř stoprocentní účinností. Z důvodu velmi krátké difuzní délky excitonů je nutno donory s akceptory přiblížit na střední vzdálenost asi 20nm [8], což se děje promísením polymeru s molekulami fullerenu. Po přijetí elektronu akceptorovou molekulou fullerenu, který dokáže takto pojmout až 30 elektronů, je elektron transportován ke sběrné elektrodě. Přesun se realizuje mezi jednotlivými molekulami fullerenu přeskokovým mechanismem.

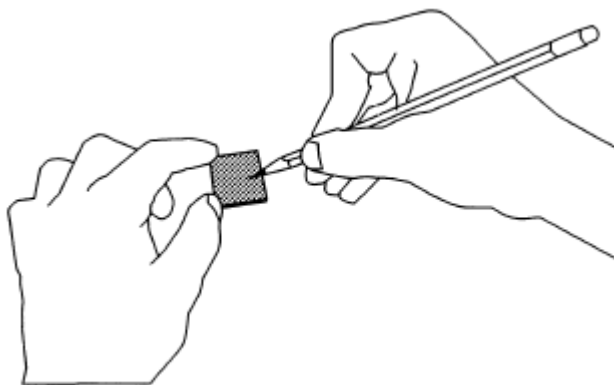


Obr. 7 Princip funkce nanoheterostrukturálního organického článku [8]

3 VÝROBA ELEKTROCHEMICKÉHO ORGANICKÉHO ČLÁNKU

Výroba elektrochemického článku proběhla na MFF UK v Praze na katedře polymerů, pod vedením doc. RNDr. J. Touška, CSc. Princip výroby vlastního článku je velmi jednoduchý. Bude potřeba dvou skel pokrytých vrstvou vodivého skla ITO. Dále oxid titaničitý TiO_2 , stěrku či skleněnou tyčinku, pec či lihový kahan, organické barvivo, Petriho misku, měkkou tužku a dvě kancelářské sponky. Výše uvedené součásti a ingredience jsou volně komerčně dostupné, podobný PV článek si tedy opravdu může vyrobit téměř každý zájemce.

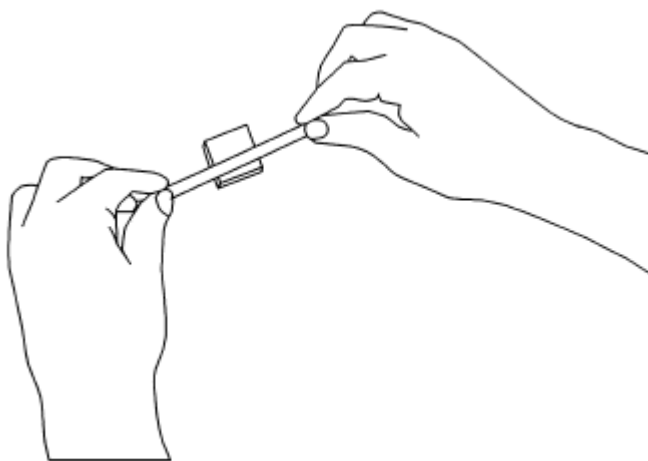
Na výrobu je třeba dvou vodivých skel, na jejichž čistotu nejen vodivých ploch během výroby musíme velmi dbát. Komerčně dostupná skla mají vodivou vrstvou tvořenou oxidem cíničitým SnO_2 a slouží jako světlo propouštějící sběrné kontakty po obou stranách PV článku. Skla jsou vodivá pouze z jedné strany, vodivost můžeme ověřit pomocí ohmmetru (očekávaný elektrický odpor je v rozmezí $10-30\Omega$ [7]). Na vodivou stranu jednoho ze skel pečlivě nanese (například pomocí měkké tužky) vrstvu čistého uhlíku v co největším množství.



Obr. 8 Nanesení vrstvy čistého uhlíku na jedno z vodivých skel [7]

Připravíme si druhé vodivé sklo, na něž je nutno nanést tenkou vrstvu pasty z oxidu titaničitého TiO_2 . K vytvoření pasty budeme potřebovat komerčně dostupný koloidní prášek oxidu titaničitého TiO_2 . Rozpustíme prášek v kyselině v poměru 20ml kyseliny dusičné či octové na 12g prášku TiO_2 [7]. Pečlivým promícháním v třecí misce připravíme bílou pastu bez hrudek. Nátěr se provádí pomocí skleněné tyčinky či umělohmotné stěrky.

Ú kolem bylo vytvořit 7-10 μ m [7] tlustou vrstvu rovnoměrně nanesené pasty na vodivé straně jednoho ze skel, která tvoří porózní houbovitou strukturu a funguje podobně jako membrána při fotosyntéze. Poté se vrstva nechá asi 1 minutu zaschnout a dále se dá na 30 minut zapéct při teplotě přibližně 450°C [7]. Je-li po zapečení bílá vrstva jednolitá, pravidelná a nikde se neloupe, můžeme pokračovat s výrobou.



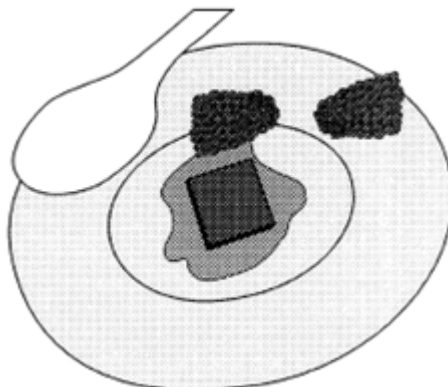
Obr. 9 Nanesení vrstvy oxidu titaničitého na jedno z vodivých skel [7]

Barvivo organického původu získáme například vyvařením, drcením ve vodě a filtrováním, či lihovou extrakcí. Je vhodné použít velmi výrazně barvící rostliny, jako je například sušený květ ibišku (*Hibiscus rosa-sinensis*) či čerstvé kanadské borůvky (*Vaccinium corymbosum*).



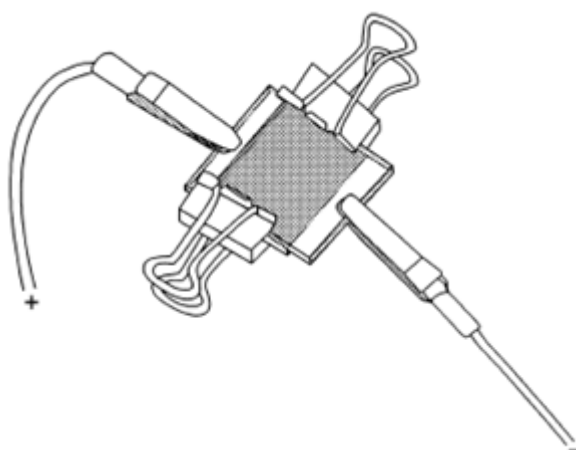
Obr. 10 Hibiscus rosa-sinensis [8]

Účelem je získat co nejvíce kvalitního barviva, kvůli co největší četnosti zachycení a přeměny světelné energie na elektrickou. Po zapečení vrstvy TiO_2 vložíme sklo do připraveného roztoku a necháme aspoň 15 minut absorbovat barvivo.



Obr. 11 Absorpce barviva do pórovité struktury oxidu titaničitého [7]

Jakmile zaschne barvivo, pevně se k sobě sepnou obě předem pečlivě připravená vodivá skla sponkami (či jiným spolehlivým způsobem) z důvodu zabránění jejich vzájemnému pohybu. Připravíme si roztok elektrolytu aniontů jodu I_3^- a pomocí kapátka pečlivě nanese malé kapky pouze na rozhraní styku vodivých skel. Elektrolyt je postupně nasáván mezi skla. Doplňujeme jej postupně po okrajích, ale pouze v nezbytně nutném množství.



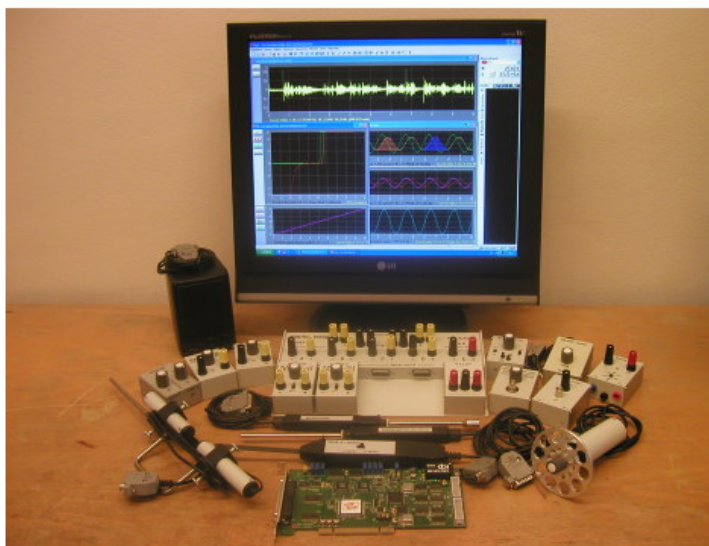
Obr. 12 Zkompletovaný elektrochemický organický článek [7]

K ověření správné funkce právě vyrobeného slunečního článku je třeba jej nastavit co nejlépe kolmo na intenzivní sluneční záření a změřit získané napětí pomocí voltmetru, či zřetěžit více takovýchto organických článků a rozsvítit diodu či rozeznít elektroakustický měnič.

4 ISES (INTERNETOVÝ ŠKOLNÍ EXPERIMENTÁLNÍ SYSTÉM)

Laboratoře začaly hrát velkou roli ve vyučování a studování přírodních věd. Pokusy se provádějí fyzicky, pro snadnější pochopení daného jevu a jeho podrobné prozkoumání. Taktéž vzdálené laboratoře se jeví jako jednoduchý a uživatelsky přátelský nástroj. Proto vznikl systém ISES pro provoz měření v laboratořích jak fyziky, biologie nebo chemie.

ISES je otevřený systém pracující pod operačním systémem Windows. Prostřednictvím tohoto systému jsme schopni jednoduše realizovat v laboratořích jak reálné, tak i vzdálené experimenty. Systém se fyzicky skládá z řídicího panelu, datové karty, sady proměnných modulů (téměř 40 různých modulů) a taktéž softwarového grafického a vyhodnocovacího prostředí.

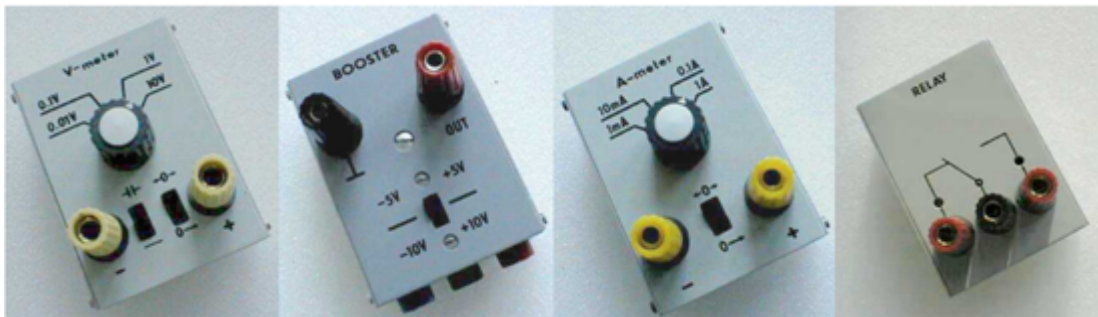


Obr. 13 Internetový Školní Experimentální Systém (ISES) [10]

Hardware systému ISES se skládá ze tří základních částí. Měření fyzikálních veličin probíhá pomocí analogových modulů. Tyto moduly pomocí řídicího panelu odesílají naměřená analogová data do převodníkové interfacové desky, kde dochází k jejich překladu do digitální, tedy dále číslicově zpracovatelné podoby.

ISES moduly jsou snadno zaměnitelné a počítač, za předpokladu využití automatické kalibrace, zjistí jejich přítomnost a automaticky upraví rozsah. Systém je vybaven moduly jako například voltmetr ($\pm 5\text{mV} \div 10\text{V}$), ampérmetr ($\pm 0,5\text{mA} \div 1\text{A}$), ohmmetr, měřiče kapacity, teploměry ($-20^{\circ}\text{C} \div 120^{\circ}\text{C}$), mikrofón, snímač odchylek, nastavitelný předzesilovač, booster, relé spínač, tlakoměr a mnoho dalších. [10]

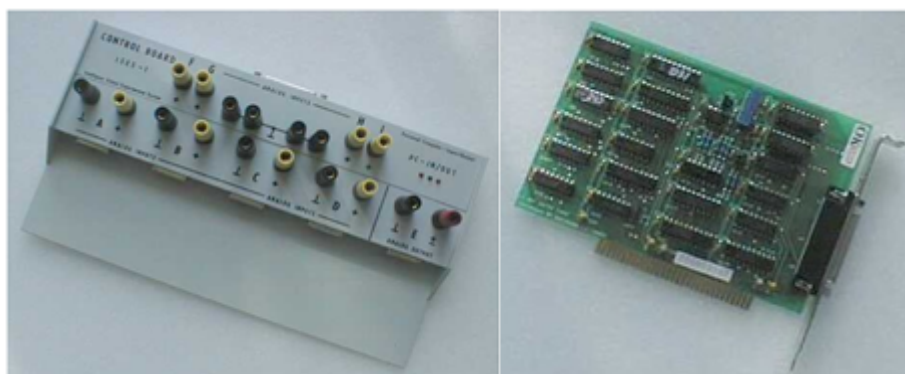
Pro chemické experimenty je to elektromagnetický kapalinový ventil a digitální byreta. Moduly se dělí na vstupní (určené pro odečet dat měřených veličit z dané aplikace) a výstupní (pro zásah do ovládaných laboratorních prvků).



Obr. 14 Zásuvné moduly systému ISES [10]

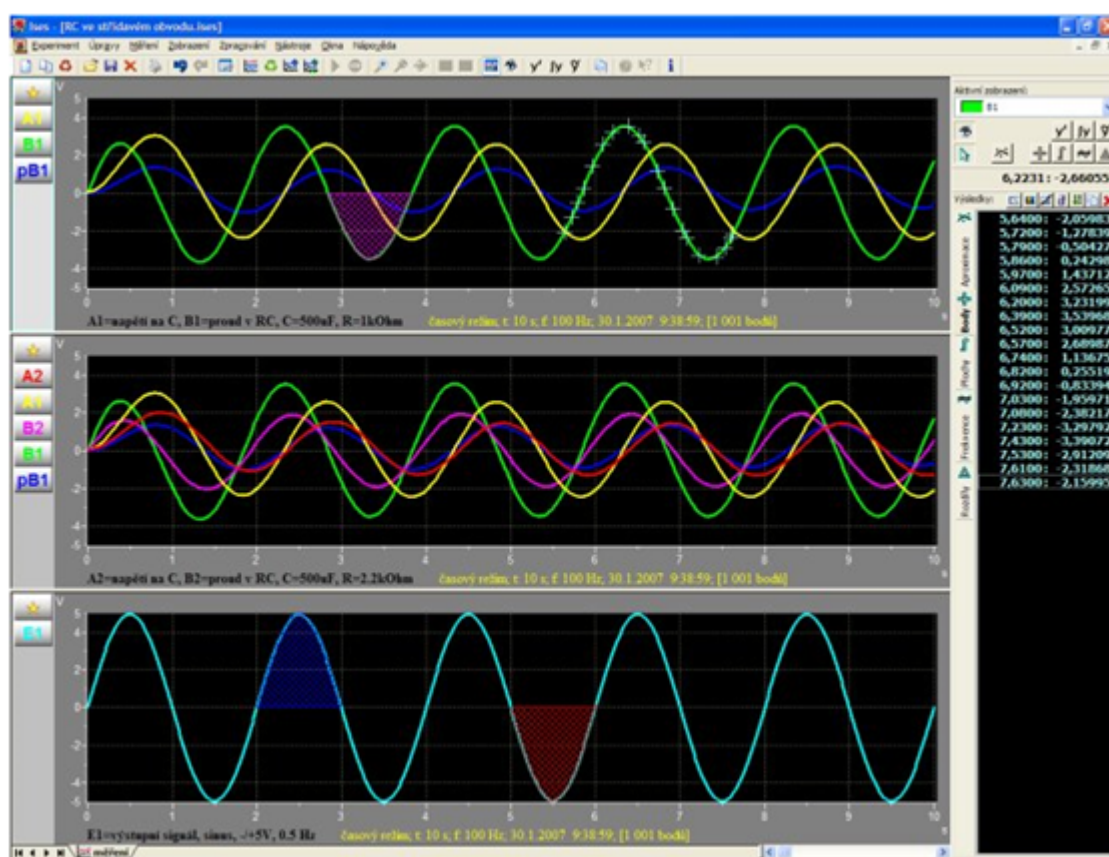
Řídicí panel obsahuje plugin sloty pro moduly. Poskytuje rozhraní mezi moduly a převodníkovou kartou na jakémkoliv počítači. Systém nabízí možnost současného měření a zobrazování dat na osmi vstupních kanálech a řízení procesů prostřednictvím dvou analogových a čtyřech binárních výstupních kanálech. Kanály s analogovým výstupem mohou pracovat jako programovatelné zdroje napětí. Maximální vzorkovací frekvence je 100 kHz a umožňuje studium zvuků nebo jiných vysokofrekvenčních signálů. Řídicí panel odesílá informace převodníkové kartě uvnitř počítače, která převádí analogový signál na digitální informaci. [10]

ISES řídicí panel je zapojen do interfaceové karty pro sběr a převod naměřených analogových dat do digitální podoby, která je umístěna uvnitř počítače. Tato karta obsahuje A/D a D/A 12-bit převodníky, 16x A/D vstup (0-5V), dále softwarový převod, doba jednoho převodu 60ms, 1x D/A výstup (+/- 5V), vzorkovací kmitočet počítače XT, AT/12MHz a je klasicky zapojena jako rozšiřující karta přes rozhraní PCI. [10]



Obr. 15 Řídicí panel a převodníková deska systému ISES [10]

Data v systému ISES mohou být zobrazena jak v analogové, tak i digitální podobě. Na pracovní plochu lze vložit variabilní počet panelů s možností zobrazení hodnot získaných pomocí modulů, nebo také lze graficky vykreslit jejich kombinaci (sčítání, odčítání, produkt, kvocient, atd.). Dále existuje možnost generace různých signálů na analogových výstupech (stejnoseměrné i střídavé napětí, celkem osm přednastavených druhů generátorů, lze je manuálně ovládat či uživatelsky definovat). Tento software umožňuje také pokročilé zpracování dat, jako je integrace, diferenciace, přiblížení, aproximace atd. Samozřejmostí je snadný export dat do textového souboru pro další procesy, například vytváření grafů nebo statistik.



Obr. 16 Grafické rozhraní softwaru ISESWIN [11]

5 ISES WEB CONTROL KIT

Vzdálený experiment probíhá na principu server-klient v místě odlišném od experimentátora. V důsledku toho se skládá ze dvou částí, jedna je experimentální hardware (se zkoumaným jevem) a druhou je software pro přenos pokynů od experimentátora (klienta) k experimentu (server) a pro přenos naměřených dat opačným směrem k experimentátorovi. Hlavní odlišností vzdáleně řízeného experimentu je tedy použití odlišného software oproti experimentu laboratornímu.

Ten pro svoji funkci potřebuje pouze měřicí aplikaci ISES, ve které lze data vyhodnotit, vykreslit či aproximovat. U vzdáleného experimentu se řízení ujímá sada programů (především serverů) ISES web control kit. Tato sada je nahrána na jednom disku CD, je zde několik složek obsahujících instalované součásti aplikací (MeasureServer s příslušnými pluginy, ImageServer, HTTPRelayServer), konfigurační soubory MeasureServeru pro různé verze ISES řídicího panelu. Velmi důležitý je soubor vlastních zkompileovaných Java appletů, které se vkládají do HTML stránky a pomocí kterých celý systém funguje. Dále CD obsahuje dokumentaci o možných způsobech programování MeasureServeru, příklady vytváření jednoduchých generátorů signálů a seznam s popisem přístupných Java appletů s jejich parametry.

Dále je zde dokumentace množství příkladů použití samostatných Java appletů, přístupů k měřicím pinům, zápisu na analogové výstupy, použití relé, zobrazení obrazu kamery, řízení posuvníky atd. Je zde také připravena k instalaci a použití jednoduchá aplikace PinkNet Web Server 2.0.1, která dokáže veřejný obsah experimentu zprostředkovávat do Internetu a podrobný postup instalace veškerého tohoto software do počítače. Instalace samotná se provádí spuštěním dávkového souboru pro systém MS-DOS, kvůli čemuž je funkce této sady omezena pouze na operační systém Microsoft Windows XP a jeho nižší verze.

5.1 ImageServer (obrazový server)

Tento program umožňuje v úzké spolupráci s kompilovaným Java appletem s názvem *virtuallabmesureclient.visualize.class* umístit na webovou stránku video z VFW (Video For Windows) kompatibilního zdroje, například z USB webové kamery. Program pouze periodicky ukládá aktuální obraz ze zdroje do souboru formátu jpeg. [12]

Hlavním uživatelským nastavením je určení počtu snímků, které je potřeba za 1 sekundu vytvořit (parametr FPS). Samozřejmostí je zvolení použitého ovladače, nastavení formátu datového proudu (nativní rozlišení, hloubka barev), zdroje obrazu a jeho parametry (zrcadlení, světlost, vyvážení barev, ostření, kontrast atd.). Dále je možno změnit cestu a jméno vytvářeného souboru, rozlišení obrazu a množství komprese, stejně jako požadované rozlišení fotografie (změna originální velikosti). Je možno nezávisle na sobě vytvářet až tři snímky s odlišnými parametry.

V dolní části okna se nacházejí parametry sloužící pro nastavování možnosti provést po určitém počtu zachycených obrazu restart snímání. Cílem této akce je řešení potencionálních problémů s některými ovladači, které nebyly výrobcem koncipovány pro dlouhodobé zachytávání a po nějaké době narazí na implementační limit. Program nabízí dvě varianty restartu. Takzvaná lokální varianta pouze přeruší aktuální záznam a nastartuje nový. Globální varianta navíc ještě reinitializuje zachytávací ovladač. [12]

5.2 HTTPRelayServer (reléový server)

Někteří uživatelé mají omezené porty, na které se mohou na Internetu připojovat. Jelikož standardní propojení s MeasureServerem probíhá přímým připojením přes nestandardní port 8899, nemohou se tito uživatelé spojit přímo se serverem. Úkolem programu HTTPRelayServer je poskytnutí alternativní možnosti připojení v případě, že uživatel může přistupovat na normální HTTP servery (port 80). Program se tváří jako HTTP server a požadavky buď přeposílá na port 83, na kterém je připojen normální HTTP server poskytující obsah stránek či appletů, nebo pokud mají speciální tvar, převede je na příkaz, který následně pošle přes přímé připojení na MeasureServer. Výsledky zpracování příkazu pak vrátí opět uživatelskému appletu, jako by šlo o data WWW stránky. Pro uživatele je celá operace transparentní. [12]

5.3 MeasureServer (měřicí server)

MeasureServer tvoří hlavní část celého měřicího systému. Zajišťuje realizaci serverové strany experimentu. Program se skládá ze dvou logických částí. První z nich jsou pluginy. Jedná se o knihovny .dll soubory poskytující pevně stanovený interface, pomocí kterého poskytují informace o pinech, ze kterých je možné číst hodnoty, či do kterých je možno hodnoty zapisovat. Realizují přístup k zařízení či implementují logiku experimentu. [12]

Druhou částí je vlastní program MeasureServer. Ten při svém startu inicializuje dostupné pluginy a následně poskytuje vzdáleným uživatelům funkce pro čtení a zápis hodnot do jednotlivých pinů. Kromě toho také nabízí možnost takzvaného „logování“ hodnot pinů, což je jejich ukládání do paměti RAM či do souborů.

Existují dva typy logů. Krátkodobý log s frekvencí v řádu desítek Hz a omezenou délkou. Tento log je uložen pouze v paměti a při ukončení serveru se vymaže. Dlouhodobý log ukládá data s periodou v řádu sekund či minut pro účely dlouhodobého sledování například teploty. Tento log se ukládá do souborů na disku (5000000 záznamů, přibližně 40MB) a přechází ukončení a nový start serveru. MeasureServer poskytuje záznam prováděných experimentů a následné získání těchto hodnot klientskou stranou. [12]

Hlavní dialog programu slouží zároveň i pro konfiguraci většiny funkcí. V jeho levé části se nachází fronta aktuálně připojených klientů. U každého klienta je uvedena jeho IP adresa a následně tříznakový kód udávající informace o typu připojení (přímé/HTTP), režimu práce (readonly/readwrite) a vlastnictví řízení. Pomocí tlačítka „Kick“ je možno ukončit spojení s uživatelem, který je v tomto seznamu vybrán. [12]

V pravé horní části je možnost konfigurovat parametry ovlivňující připojování k serveru. Pomocí „Allow connections“ je možno zakázat jakékoliv nové připojení k serveru. V případě, že je zaškrtnuto „Limit write commands“, může posílat řídicí příkazy pouze první readwrite klient z fronty, v opačném případě mohou používat řízení všichni připojení readwrite uživatelé. [12]

Zaškrtnutím „Disable device listing“ se zakáže funkce umožňující klientovi zjistit seznam všech dostupných zařízení. Dále je zde možné nastavit maximální počet současně připojených klientů a dobu, po které dojde k ukončení spojení v případě, že z něj v jejím průběhu nepříjde žádný požadavek od klienta. V případě, že je řízení omezeno na prvního uživatele ve frontě, je zde možnost omezit dobu, po kterou může zařízení exklusivně používat. [12]

V pravé dolní části je zobrazeno okno se seznamem načtených pluginů. Pod každým pluginem je seznam jím nabízených pinů. Pomocí tlačítek „Configure selected“ a „Configure log for selected“ je možno dále provádět nastavení jednotlivých pinů a pluginů a parametrů ovlivňujících logování pinů. [12]

5.4 Řídicí moduly MeasureServeru

Obsahově se jedná o běžné dll soubory, které mají příponu ldp, poskytují pevně určenou množinu přípustných funkcí. MeasureServer při svém startu vyhledá a inicializuje všechny pluginy, které se nacházejí v jeho adresáři. Existuje několik způsobů, jak MeasureServer řídit, nyní budou představeny jednotlivé typy pluginů s popisem jejich využití. Pro stručnost budou uvedeny pouze použitelné pluginy pod systémem Microsoft Windows XP.

„*PCI1202CardPlugin*“ slouží pro ovládání HW interfacové karty PCI-1202, umožňuje výběr karty, která bude používána v případě, že je v počítači karet více. V takovém případě hodnota Card index 0 odpovídá první kartě. [12]

„*MixingPlugin*“ umožňuje, aby pluginy mohly používat i několik různých pluginů tím, že exportuje jejich piny, jako by byly jeho vlastní a přístupy předává do pluginu, kterému příslušný pin patří. Dále je zde možno přidávat a ubírat pluginy, jejichž piny se budou exportovat. [12]

„*ConfLogicPlugin*“ je implementace serverové části logiky experimentů. V principu se jedná o sady pravidel, popisující jakým způsobem se má získat hodnota čtená z výstupního pinu či co se má provést v závislosti na hodnotě zapisované na vstupní pin. Plugin pro svoji činnost využívá jeden další plugin, jehož piny čte či nastavuje v závislosti na sadách pravidel (map). Každé pravidlo se skládá z podmínkové (určuje, kdy je splněno) a výkonné části (určuje, co se provede). Dále je zde možno přidávat nebo ubírat pravidla. V případě, že daný typ seznamu umožňuje volbu mezi zpracováním do prvního platného pravidla nebo zpracováním všech pravidel, je možné si požadovaný typ zpracování zvolit zaškrtnutím volby „*Multiset*“. Ve skupině „*Devices*“ se nacházejí dvě alternativy umožňující zvolit čtecí a zapisovací pin, který slouží jako vstup či cíl výstupu operace. Při jednom zpracování sady je hodnota každého pinu přečtena pouze jednou a to při prvním přístupu k ní. [12]

„*ScriptablePlugin*“ je v současnosti nejsilnějším a zároveň nejsložitějším z pluginů, s jeho pomocí je možné dosáhnout ekvivalent funkce téměř kteréhokoliv z předešlých pluginů s výjimkou těch, které ovládají konkrétní HW. Především je možno dosáhnout specifických činností, na které starší pluginy nestačí. Například generování složitějších signálů, či vysokorychlostní experiment. Interface dostupný z MeasureServeru je minimální. [12]

Základní princip fungování je podobný způsobu „*ConfLogicPlugin*“ s tím, že operace pro jednotlivé piny jsou místo sady pravidel zadány jednoduchým programem, který provádí většinu operací a je uložen v samostatném souboru. Soubor se scriptem je načítán pouze při startu serveru. [12]

Script je zapsán v textovém souboru s koncovkou psc. Tento soubor je načten pouze při startu MeasureServeru, jakákoliv změna parametru vyžaduje jeho restart. Použitá syntaxe skriptu nejvíce připomíná programovací jazyk C, navíc jsou zde některé prvky z jiných jazyků. Proměnné jsou zde reálná čísla, rozlišují se velká a malá písmena. Operace prováděné scriptem jsou synchronní s celým během serveru. Struktura scriptu je následující. [13]

Do hlavičky se vkládá verze skriptovacího jazyka a zobrazené jméno pluginu.

```
version 1.0
```

```
name example_generator
```

Definice importu popisuje, ze kterých pluginů a jaké piny budou použity. Piny se ve zbytku scriptu chovají jako obyčejné proměnné. Zápis do takovéto proměnné zapíše hodnotu do pinu druhého pluginu. Čtení z takovéto proměnné přečte hodnotu z pinu druhého pluginu. *Plugin_id* je jméno identifikující plugin pro použití v druhé sekci, *path_to_plugin* je cesta k souboru pluginu, *config_id* identifikuje konfiguraci pro inicializaci pluginu. [13]

```
using plugin_id "path_to_plugin" config_id
```

Definice proměnných zřizuje globální proměnné dostupné v celém scriptu. Proměnné vzniknou při startu serveru a nastaví se na hodnotu uvedenou v jejich definici. Následně může script jejich hodnoty libovolně číst a měnit. *Variable_id* je jméno identifikující proměnnou pro použití ve zbytku scriptu. *Value* je hodnota, která se do proměnné uloží při startu serveru. [13]

```
variable variable_id = value
```

Ve ScriptablePlugin lze definovat i časovače, které se chovají jako speciální proměnné. Každý zápis do časovače, bez ohledu na zapisovanou hodnotu, ho nastaví na 0. Pro čtení pak časovač obsahuje počet sekund od posledního zápisu do okamžiku zpracovávání aktuálního pinu. *Timer_id* je jméno identifikující časovač. [13]

```
timer timer_id
```

Definice pinů a speciálních handlerů obsahuje výkonnou programovou část scriptu. Celá je tvořena z bloků. Block_type je typ bloku. Block_id je jméno identifikující blok, nesmí být přítomno u handlerů (on_each_second, on_user_change). Operations jsou operace, které se provádí, pokud dojde ke zpracování bloku. [13]

```
block_type [block_id] { operations }
```

Operace asociované s on_each_second se spustí každou sekundu. Operace asociované s on_user_change se spustí, když dojde ke změně uživatele nebo odpojení posledního uživatele. Operace asociované s piny pin_read a pin_write se spustí při přečtení nebo zápisu hodnoty pinu jménem block_id. Lze mít v jednom scriptu pin_read i pin_write se stejným block_id. V případě, že běží handler pin_write, je dostupná speciální proměnná new_value s hodnotou, která se má do pinu zapsat. Běží-li handler pin_read, je zde dostupná speciální proměnná result, do níž by měl pin uložit hodnotu, která je vrácena jako hodnota přečtená z pinu. [13]

Veškeré operace mají syntaxi obdobnou s jazykem C. V operacích je možno používat všechny proměnné uvedené v předchozích sekcích a dále použít až 100 dočasných proměnných, které platí pouze po dobu běhu bloku, na jeho začátku jsou nastavené na hodnotu 0. Jsou podporovány IF podmínky s alternativou ELSE, cyklus WHILE a základní matematické operace jako sčítání, odčítání, násobení, dělení a zbytek po dělení. Pokud ve výrazu dojde k dělení nulou, je návratovou hodnotou opět nula. Script také obsahuje několik goniometrických funkcí a nástroje pro tvorbu jednoduchých podmínek. Mezi další podporované funkce patří například minimum min(x, minum), maximum max(x, maximum), umocnění pow(x, y), přemapování remap(x, s0, s1, s2, d0, d1, d2), absolutní hodnota abs(x), nebo zaokrouhlení round(x), floor(x), ceil(x).

5.5 Sada zkompileovaných Java appletů

Jednou z nejdůležitějších částí uskutečnění vzdáleného experimentu je sada kompilovaných appletů s názvem „virtuallabmeasureclient.jar“. Při spuštění HTML stránky se z toho archivu vyžádané applety následujícím způsobem načtou: určením názvu archivu archive = „virtuallabmeasureclient.jar“, určením jména řídicího HUBu name = „hub“ a nakonec názvem daného appletu code = „virtuallabmeasureclient.hub.basic.connectionhub.class“.

S výjimkou několika samostatně fungujících jsou všechny ostatní applety závislé na přítomnosti appletu „connectionhub“, který zajišťuje spojení se serverem a poskytuje jim funkce pro komunikaci. Connectionhub dále umožňuje posílání událostí, kdy se jeden či několik appletů zaregistrují pro příjem události, kterou může jiný applet generovat. Tento mechanismus je používán pro předávání příkazů mezi tlačítky a řídicími applety. [12]

Balíček obsahuje celkem 19 appletů, které mohou být v experimentu použity.

- virtualmeasureclient.Visualize (kamera, zobrazování výstupu z ImageServeru)
- virtuallabmeasureclient.hub.basic.connectionhub (hub, základní prvek stránky, zajišťuje správu připojení a poskytuje ostatním appletům, které se na něj odkazují, funkce pro použití jednotlivých služeb serveru)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.valuesend (tlačítko, generuje událost nebo zapisuje hodnotu na pin, popřípadě oboje současně)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.singlevalue (výpis hodnoty, čte a vypisuje hodnotu ze zvoleného pinu)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.scrollbar (posuvník, který je vertikální či horizontální, zapisuje nastavenou hodnotu na zvolený pin)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.queueList (seznam připojených uživatelů, zobrazuje aktuální obsah fronty uživatelů na serveru)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.numenter (načtení uloženého měření, umožňuje zadání čísla provedeného experimentu, obdoba appletu experimentselect)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentselect (načtení uloženého měření, pohodlný výběr experimentu pomocí listboxu)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentcontrol (umožňuje nastartovat a ukončit záznam hodnot experimentu pomocí událostí)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.conditionaldisable (experimentální plugin umožňující vypínat a zapínat ovládání v případě, že je na některém pinu hodnota po nějakou dobu mimo zadanou mez)
- virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentgraph (zobrazuje graf časového průběhu naměřených hodnot pouze jediného pinu z prováděného experimentu)

- `virtuallabmeasureclient.hub.modules.fastgraph` (realtimový graf hodnot z několika pinů)
- `virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentlist` (zpracovává hodnoty z naměřeného experimentu s pomocí Javascriptu)
- `virtuallabmeasureclient.hub.modules.graph2d` (umožňuje průběžně zobrazovat graf dvou veličin měřených ze dvou pinů)
- `virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentgraph2d` (zobrazuje graf dvou veličin měřených ze dvou pinů v rámci jednoho experimentu)
- `virtuallabmeasureclient.hub.modules.periodicsend` (applet pošle každých x milisekund na uvedený pin danou hodnotu)
- `virtuallabmeasureclient.hub.modules.historylist` (tento applet umožňuje uživatelsky s pomocí Javascript zpracovat hodnoty z naměřené historie)
- `virtuallabmeasureclient.hub.modules.historygraph2` (dokáže zobrazit graf z uložených měření, která byla provedena již dříve)
- `virtuallabmeasureclient.hub.modules.burstexperiment` (applet slouží pro zahájení krátkodobého experimentu s vysokou frekvencí záznamu)

Veškeré nastavení appletů probíhá přes jejich parametry. Některé jsou povinné za každých okolností, bez nich je celý applet nefunkční. Většina appletů musí obsahovat parametr se jménem svého řídicího hubu. Další parametry jsou povinné pouze v určité situaci, což znamená, že když je například zvolen počet pinů k archivaci dat hodnotou tři, musí poté být zadány jména těchto tří vstupních pinů, ne pouze dvou a podobně. Poslední skupinou jsou parametry nepovinné, což jsou například popisky os v grafech. Funkce parametrů je ukázána na průběžném grafu.

`<param name=device_name_y value="photovoltaics_ampermeter">` (svislá osy)

`<param name=device_name_x value="photovoltaics_voltmeter">` (vodorovné osy)

`<param name=window_width value="570">` (šířka plochy grafu)

`<param name=window_height value="350">` (výška plochy grafu)

`<param name=step_y value=0.25>` (vyznačení malého kroku na vertikální ose)

<param name=step_y_big value=1> (vyznačení velkého kroku na vertikální ose)

<param name=horizontal_axis_value value="0"> (průsečík os na horizontální ose)

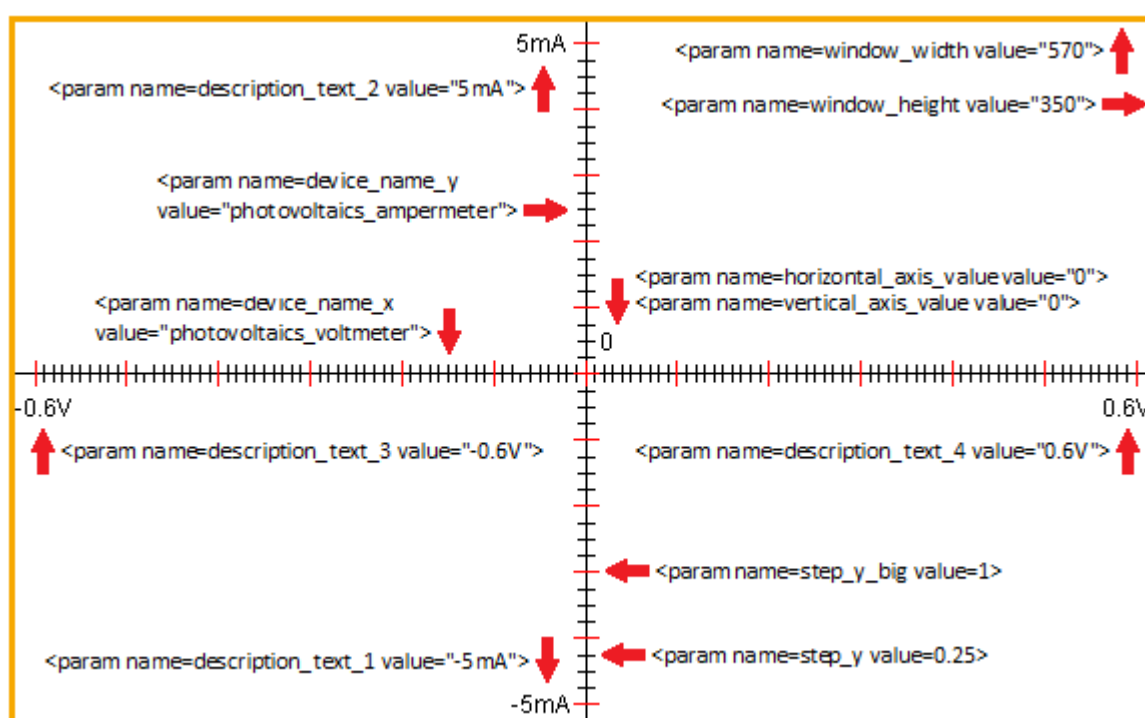
<param name=vertical_axis_value value="0"> (průsečík os na vertikální ose)

<param name=description_text_1 value="-5mA"> (popisek minima vertikální osy)

<param name=description_text_2 value="5mA"> (popisek maxima vertikální osy)

<param name=description_text_3 value="-0.6V"> (popisek min horizontální osy)

<param name=description_text_4 value="0.6V"> (popisek max horizontální osy)



Obr. 17 Funkce parametrů u Java appletů

5.6 Webserver

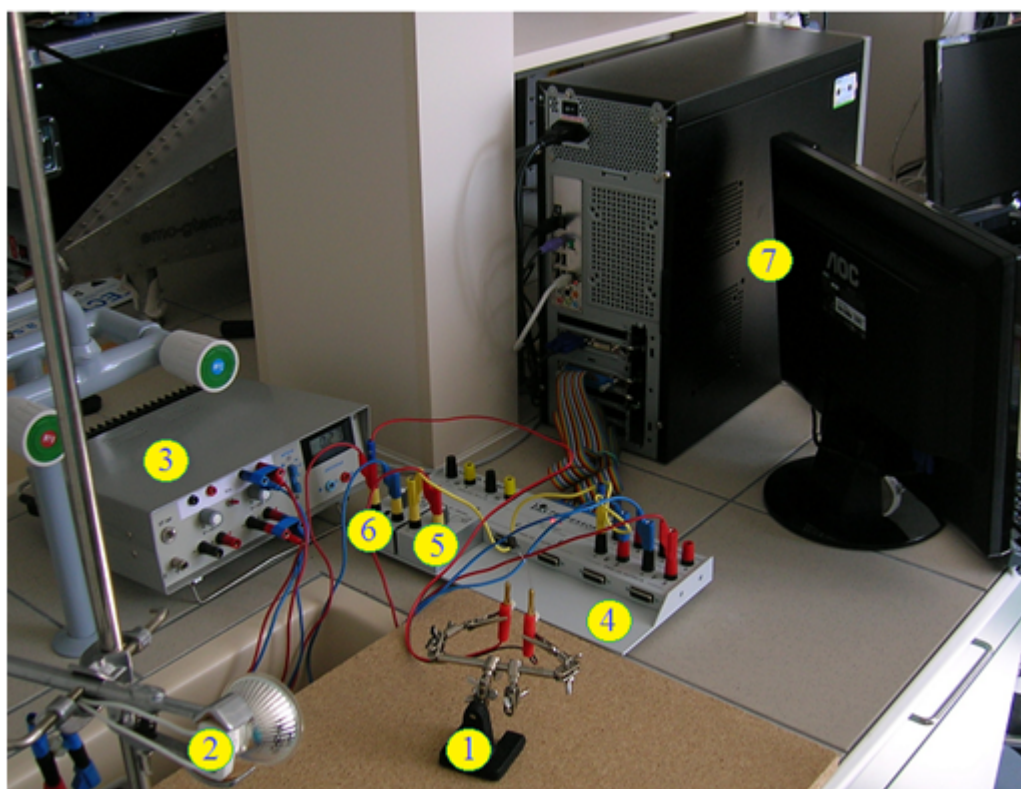
Tento program je odpovědný za vyřizování požadavků HTTP od klientů. Klient ve webovém prohlížeči zadá buď příslušnou IP adresu, nebo slovní doménu serveru. Webserver na klientovo vyžádání odešle sdílený obsah, tedy webovou stránku s applety. Je-li na řadě, může provádět měření. V sadě ISES web control kit je připravena k instalaci aplikace PinkNet Web Server 2.0.1 Beta.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 LABORATORNÍ POČÍTAČOVĚ ORIENTOVANÝ EXPERIMENT

Tento typ experimentu je plně počítačově orientovaný, avšak lze jej provádět pouze v místě jeho fyzického výskytu. Student provádí měření v laboratoři, pozice počítače a systému ISES je ve zjednodušení práce jako je výpis a vyhodnocení naměřených dat pomocí příslušného software s předprogramovanou šablonou. Takovýto experiment je základem a vývojovým stupněm vytváření vzdálených experimentů.

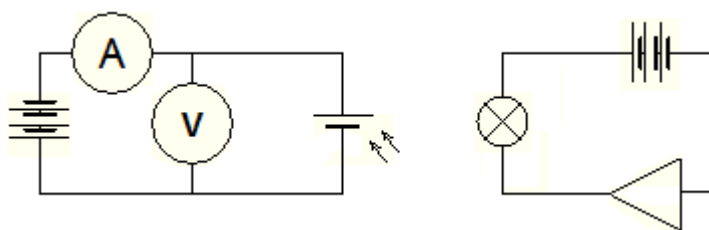
Základem pro vytvoření počítačově orientovaného experimentu je osobní počítač. Měřená analogová data systém ISES získává pomocí jednotlivých modulů, tvoří tedy hardwarovou vrstvu celého experimentu. Moduly jsou zapojeny do řídicího panelu, který je pomocí sběrnice spojen s převodníkovou deskou uvnitř počítače, která analogové signály převede do digitální podoby, se kterou dále pracuje ISES software. Celé měření experimentu se řídilo pomocí PC.



Obr. 18 Laboratorní počítačově orientovaný experiment

Legenda: fotovoltaiický článěk (1), simulátor slunečního záření (2), zdroj řízený napětím (3), ISES řídicí panel (4), moduly voltmetru (5) a ampérmetru (6), server (7)

Zapojení experimentu se skládalo ze dvou nezávislých částí. První částí je analogový výstup napětí z ISES řídicího panelu (-5V až +5V), který byl použit jako řídicí napětí pro ovládání výstupu zdroje, který napájel simulátor slunečního záření. Druhou částí aparatury bylo zapojení pro charakterizaci samotného fotovoltického článku, tedy opět řízený napěťový výstup charakterizačního napětí z ISES ovládacího panelu (-5V až +5V), fotodiody a následně voltmetru a ampérmetru pro odečet naměřených hodnot. Pomocí originálních vodičů byly všechny komponenty zapojeny do následujících obvodů.

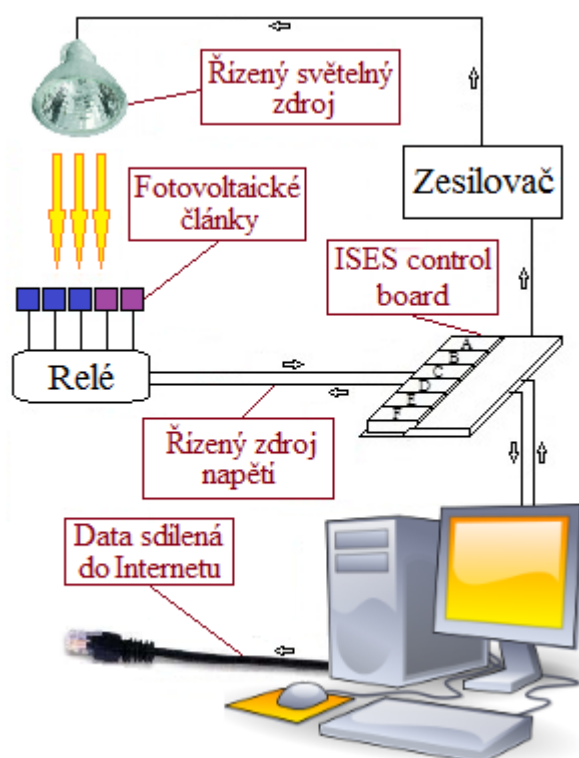


Obr. 19 Schéma zapojení experimentu

Řízení celého experimentu probíhalo pouze pomocí ISES vyhodnocovacího software, který dokáže ovládat analogové výstupy pomocí generátorů různých funkcí. Zdroj světla byl řízen lineární funkcí, která podle hodnoty napětí řídila intenzitu simulátoru slunečního záření. Charakterizace článku se prováděla pomocí lineární rampy v rozmezí -0,6V až po +0,6V. Software po nastavení zdrojových dat a způsobu jejich vyhodnocení po spuštění měření zobrazil výslednou voltampérovou charakteristiku fotovoltického článku při daném osvětlení.

7 PŘEVOD NA VZDÁLENÝ EXPERIMENT

V této části se bude práce zabývat vzdáleným experimentem samotným, jeho hardwarovou skladbou a softwarovými odlišnostmi od laboratorního počítačově orientovaného experimentu. Sestava se již značně liší od skladby předchozího experimentu, je zde daleko více možností a podpůrných prostředků (více fotovoltaiických článků, reléová deska, lepší možnosti řízení celého experimentu). Nyní budou popsány jednotlivé součásti aparatury a přiblížena jejich činnost.

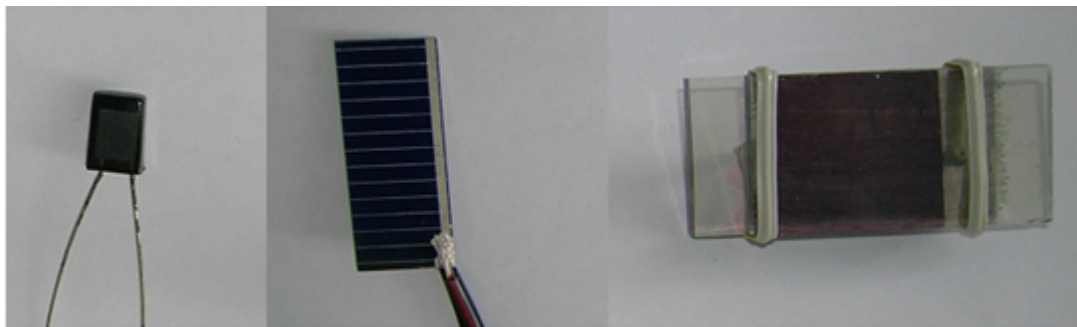


Obr. 20 Schéma vzdáleného počítačově orientovaného experimentu

7.1 Použité fotovoltaické články

Experiment je připraven pro charakterizaci pěti fotovoltaických článků, z nichž tři zastupují kategorii polovodičových křemíkových PV článků (srovnání různého uspořádání atomů křemíku ve světlocitlivém materiálu článku: krystalického křemíku, amorfního křemíku a amorfního karbidu křemíku). Dále je zde zastoupena organická kategorie PV článků, v laboratoři vyrobený elektrochemický PV článek a nanoheterostrukturální PV článek.

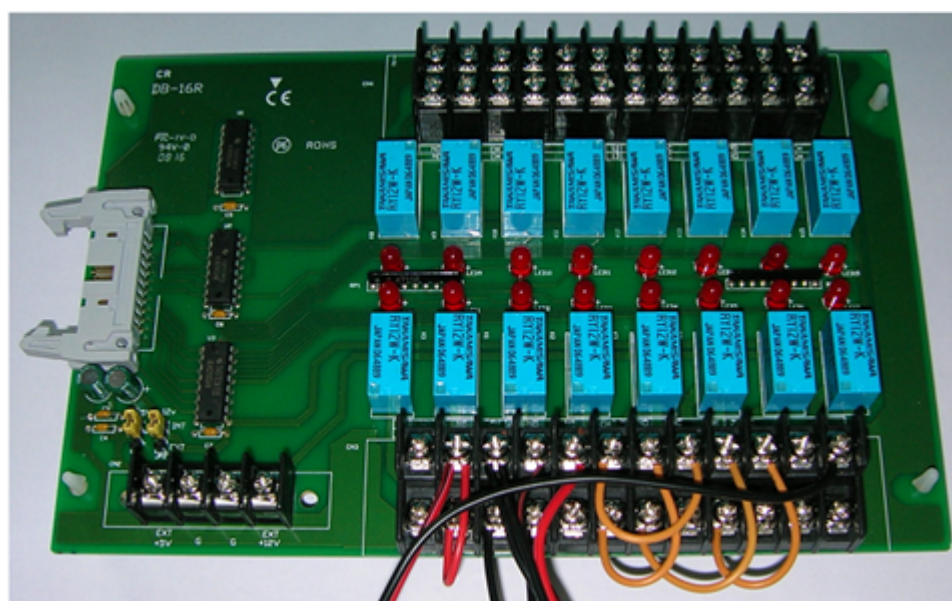
V současné době jsou v provozu pro charakterizaci pouze tři fotovoltické články, krystalický křemík (činná plocha $1,7\text{cm}^2$), amorfni křemík (činná plocha $0,3\text{cm}^2$) a v laboratoři vyrobený elektrochemický organický PV článek (činná plocha $4,4\text{cm}^2$), který vyžaduje častou údržbu. Jednak degraduje použité organické barvivo a také vysychá elektrolyt, který se cyklicky přeměňuje mezi anionty I_3^- a I^- , čímž dodává elektrony do systému.



Obr. 21 Fotodioda, fotovoltický panel, elektrochemický organický článek

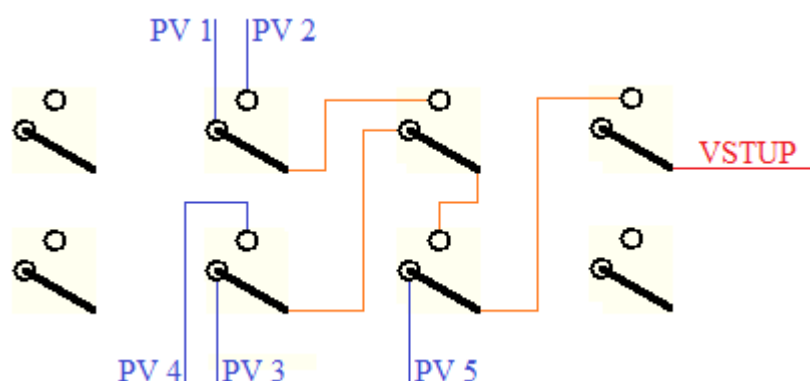
7.2 Reléová deska

Reléová deska obsahuje šestnáct samostatně řízených dvupolohových relé. Každé relé má tři svorky: vstup, nulový výstup a jedničkový výstup. V případě nečinnosti systému jsou relé automaticky přepnuta na výchozí stav, nulový výstup. Reléová deska je spojena a řízena interfaceovou deskou, u experimentu je využita pro výběr fotovoltického článku.



Obr. 22 Reléová deska

Je využito celkem sedm relé, z nichž jedno slouží k odpojení všech článků z obvodu, čtyři slouží pro rozvětvení obvodu na pět charakterizovatelných PV článků a poslední dvě relé jsou stále na nulové poloze a slouží pouze jako svorkovnice pro společný vodič PV článků. Reléová deska je řízena pomocí pěti tlačítek v HTML stránce, která reprezentují různé kombinace sepnutí či rozepnutí jednotlivých využívaných relé.



Obr. 23 Schéma zapojení funkční části dvoupolohových relé

7.3 Zdroj řízený napětím

Použitý zdroj má dva nezávislé kanály s nastavitelným elektrickým napětím v rozmezí 0-20V a také s nastavitelným elektrickým proudem. Ovládání výstupu zesilovače je realizováno na každém jednotlivém kanálu buď ručně potenciometry, nebo je ovládáno analogově, a to napětím generovaným systémem ISES. Toho řízení napětí je u experimentu s výhodou využíváno k ovládání výkonu simulátoru slunečního záření, jelikož ISES řídicí panel má sice analogové výstupy s rozsahem -5V až +5V, ale pouze s malým výstupním proudem.



Obr. 24 Zdroj řízený napětím

7.4 Simulátor slunečního záření

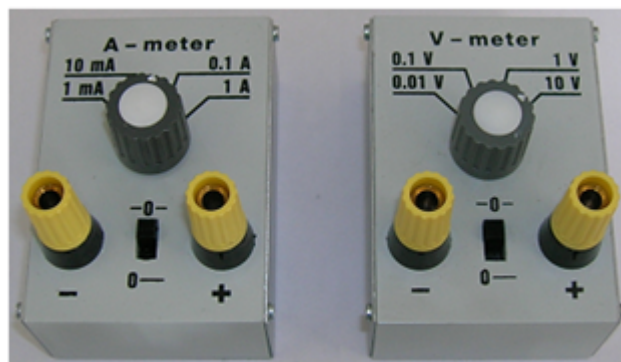
Halogenová svítidla o výkonu 35W je upnuta kleštinami a upevněna na stojanu. Simulátor kolmo osvětluje charakterizované fotovoltaické články, aby bylo dosaženo co nejvyššího jejich výkonu. Vzdálenost je kalibrována dle potřeb průběžného grafu, momentálně se fotovoltaické články nacházejí okolo 50cm od simulátoru slunečního záření. V experimentu může být intenzita osvětlení buzena na čtyři různé přednastavené úrovně tlačítka (vypnuto, 40%, 70% a 100%), nebo spojitě řízení výkonu s krokem jedno procento pomocí slideru.



Obr. 25 Simulátor slunečního záření

7.5 ISES zásuvné moduly

V experimentu je potřeba pouze odečítat napětí a proud dodávané řízeným fotovoltaickým článkem. Voltmetr je jedním ze základních měřicích modulů. Obsahuje pouze dvě vstupní svorky, nastavitelný přepínač určuje polohu nuly a rotační přepínač měřeného rozsahu napětí (bočník), řadí se do obvodu paralelně. Ampérmetr obsahuje také pouze dvě vstupní svorky, přepínač určuje polohu nuly a rotační přepínač měřeného rozsahu proudu (předřadný odpor), řadí se do obvodu sériově. Oba moduly je možno připojit do ISES řídicího panelu do kanálu A-D (analogové vstupy systému).



Obr. 26 Zásuvné moduly ampérmetru a voltmetru

7.6 ISES řídicí panel

Experiment vyžaduje pouze odečet napětí a proudu, jsou tedy zapojeny pouze voltmetr (rozsah 10V, kanál B) a ampérmetr (rozsah 0,1A, kanál A). Dále z důvodu využití obou analogových řízených výstupů pro ovládání výkonu simulátoru slunečního záření (kanál F) a pro napájení článku řídicím napětím pro jeho vlastní charakterizaci (kanál E), je potřeba používat verzi řídicího panelu PROFESSOR. Nižší verze má pouze jeden řízený analogový výstup.



Obr. 27 ISES řídicí panel ve verzi Professor

7.7 Webkamera

Experiment je neustále snímán pomocí USB webové kamery, kterou je podle potřeby možno pomocí softwarového ovladače natočit vertikálně či horizontálně. Obraz lze zaostřit manuálně i automaticky, stejně jako řízení světlosti obrazu a spoustu dalších parametrů. Kamera je momentálně nastavena pouze pro statický záběr vzdáleného experimentu.



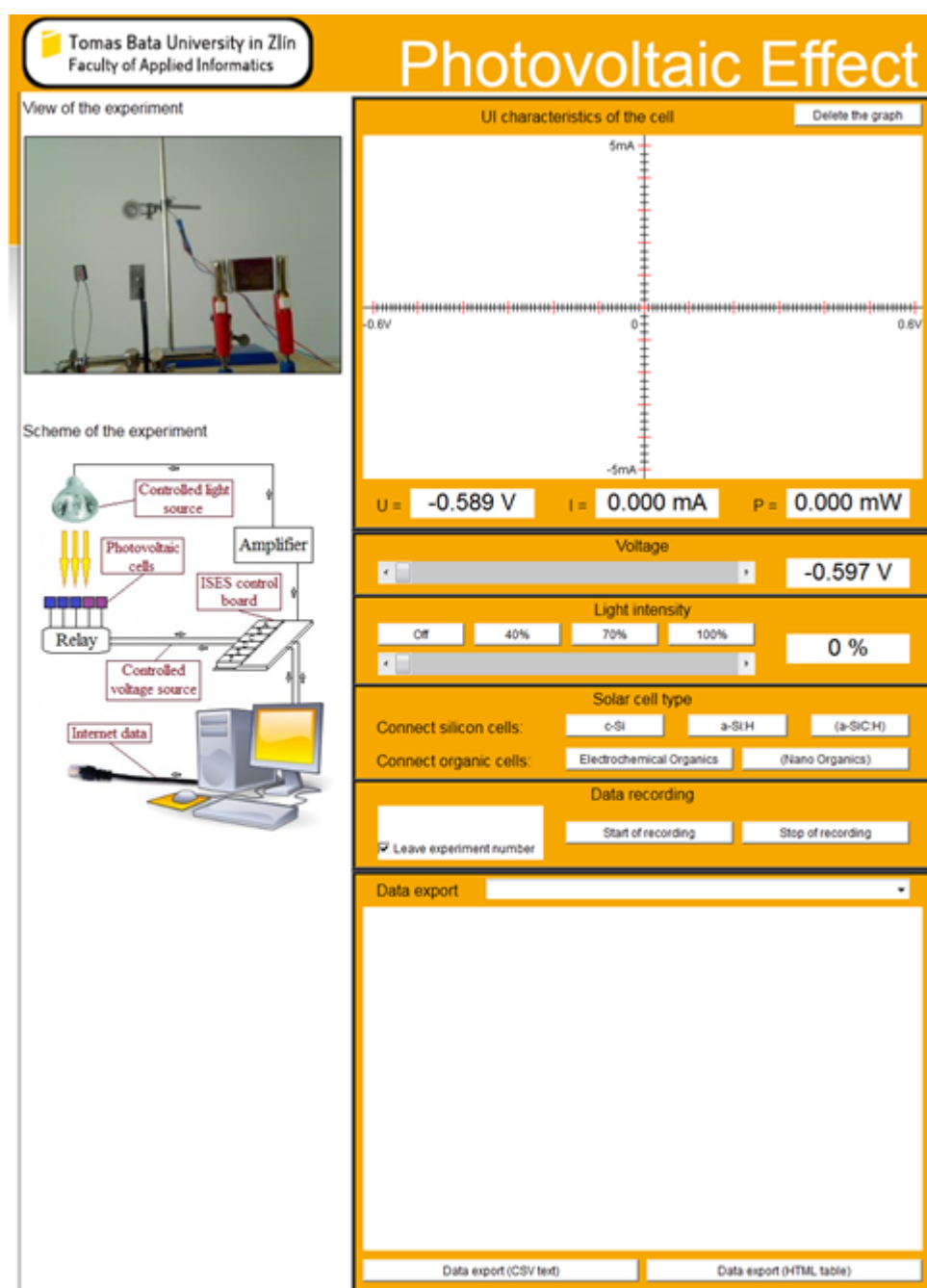
Obr. 28 Webkamera

7.8 Server

Celý vzdálený experiment je nyní provozován na nepřetržitě běžícím fyzickém stroji (osobním počítači v konfiguraci na platformě Intel Core2 Duo E8400 @ 3.00GHz, 3.00GB RAM, operační systém Microsoft Windows XP - Service Pack 3) a je přístupný široké veřejnosti přes IP adresu (<http://195.178.94.142>) nebo přes doménu (<http://remotelab1.fai.utb.cz>). K počítači je připojeno veškeré potřebné vybavení, webkamera a ISES řídicí panel. Příslušný software spolehlivě zprostředkovává přístupný obsah experimentu do Internetu.

8 SOFTWARE RÍZENÍ VZDÁLENÉHO EXPERIMENTU

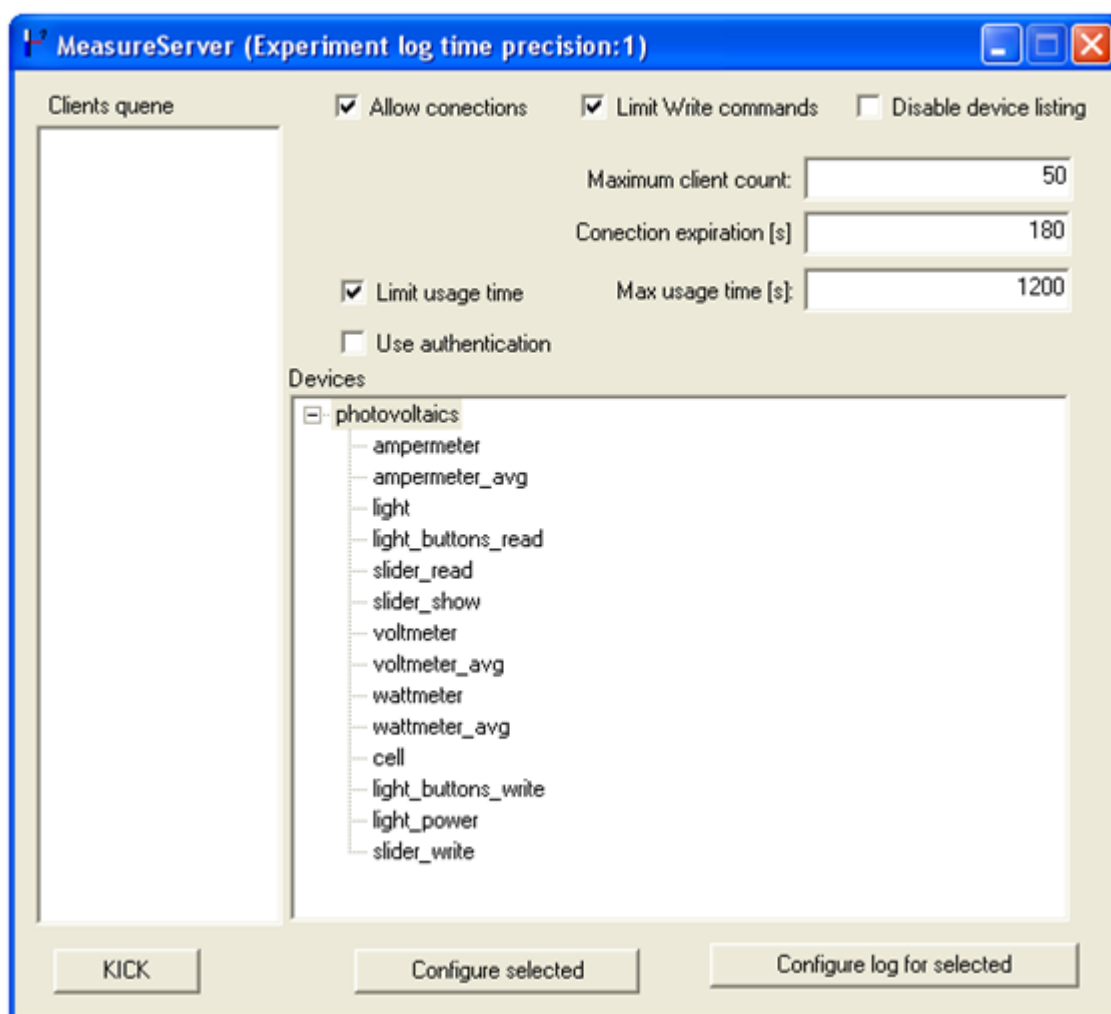
Vzdálený experiment již vyžaduje odlišný softwarový přístup, měřicí aplikace ISES je trvale vypnuta. Srdcem celého experimentu se stává MeasureServer. Vytváří a spravuje takzvané „piny“, které definují funkci celého měřicího mechanismu a je taktéž schopen programového řízení experimentu. S těmito pevně nadefinovanými piny pracují Java applety, jenž jsou umístěny v HTML stránce, která je pomocí webserveru zprostředkovávána do Internetu.



Obr. 29 Webová stránka

8.1 Nastavení MeasureServeru

Nastavení měřicího serveru se skládá ze dvou základních částí. Tou první je globální správa uživatelů. Zde je možno nastavit parametry jako umožnění připojení (zapnuto), počet uživatelů ovlivňujících měření (výsadně první uživatel v řadě), maximální počet klientů (50 klientů), vypršení připojení (po 180 sekundách nečinnosti), maximální čas řízení jedním uživatelem (20 minut) či používání autentizace uživatelů (vypnuto). Poslední možností je vyloučení označeného uživatele v řadě připojených klientů pomocí tlačítka „Kick“.



Obr. 30 MeasureServer

V druhé části se jedná o nastavení řídicího pluginu (co se bude generovat na výstupu, jak se zpracují naměřená data). Tento plugin je načten při každém spuštění MeasureServeru, jeho název se zobrazí v položce „Devices“ a po jeho otevření lze částečně upravovat definované piny, což se týká především logování.

Logování slouží k záznamu hodnot, které poté využívají některé z Java appletů. Logování může být rychlé či dlouhodobé. Tento experiment využívá pouze rychlou variantu, což se děje kvůli průměrování a výpisu hodnot do průběžného grafu, s frekvencí snímání v řádu desítek Hz a omezenou délkou. Je uložen pouze v paměti a při ukončení serveru se vymaže. Existuje-li více řídicích souborů (soubory s příponou .psc) lze je načíst a nahradit tak stávající řídicí soubor.

8.2 Řídicí .psc soubor

Tento plugin je textový soubor, jehož způsob programování se nazývá ScriptablePlugin a je nejdokonalejším ze způsobů řízení experimentu. Uchovává v sobě nastavení měřicích pinů ve formě programu. Tento program má obvyklou syntaxi, obsahuje verzi skriptovacího jazyka, jméno zobrazené v položce „*Devices*“, referenci na hardwarový plugin, import pinů, definici proměnných a nakonec jednotlivé piny, které reprezentují funkce. Experiment potřebuje pro správnou funkci celkem šestnáct pinů, z nich dva jsou unikátní (ani čtecí ani určené pro zápis – inicializace a počítadlo „*watchdog*“). Syntaxe souboru je následující.

Program začíná verzí skriptovacího jazyka, není přípustná jiná hodnota, než níže uvedená. Klíčové slovo „*version*“.

```
version 1.0
```

Název skriptu zobrazený v MeasureServeru. Klíčové slovo „*name*“.

```
name photovoltaics
```

Reference na hardwarový plugin s určením čísla převodníkové karty. Obsahuje klíčová slova „*using card_lib*“, absolutní cestu k pluginu a identifikaci konfigurace použité pro inicializaci pluginu.

```
using card_lib "C:\ Documents and Settings \ PC \ Plocha \ measure svr \ plugins \  
PCI1202CardPlugin.ldp" card_config_1
```

Import pinů pro zápis. Zde je dohromady sedm pinů, na které systém zapisuje. Jedná se o dva analogové výstupy (řízení intenzity osvětlení a řízení napětí pro charakterizaci fotovoltaiických článků) a pět binárních výstupů realizujících spínání pěti relé.

Záznam obsahuje klíčové slovo „*import*“, uživatelský název pinu a jeho fyzickou adresu s určením směru komunikace.

```
import rizeni_clanek card_lib "Write D/A 1"
```

```
import rizeni_svetlo card_lib "Write D/A 2"
```

```
import rele_03 card_lib "Write D 1B3"
```

```
import rele_04 card_lib "Write D 1B4"
```

Dále import pinů pro čtení dat. Tento experiment odečítá pouze hodnotu napětí a proudu u právě charakterizovaného článku. Syntaxe je obdobná jako u pinů určených k zápisu.

```
import cteni_proud card_lib "Read A/D 1"
```

```
import cteni_napeti card_lib "Read A/D 2"
```

Následuje definice v programu použitých proměnných, které jsou všechny inicializovány na hodnotu 0.0, kvůli absenci celočíselného datového typu. Ze stejného důvodu nemá v logice či podmínkách smysl používat rovnost. Program pracuje s celkem 18 pomocnými proměnnými, které se starají především o průměrování hodnot napětí a proudu. Jedna pomocná proměnná určuje sepnutí jednotlivých relé, či zobrazení hodnoty intenzity osvětlení po přepočtu z převodníkové hodnoty. Další slouží jako počítadlo proti kolizi systému.

```
variable cell_tmp = 0.0
```

```
variable light_tmp = 0.0
```

```
variable tmp_volt = 0.0
```

```
variable avg_input_volt = 0.0
```

```
variable sum_input_volt = 0.0
```

```
variable cnt_input_volt = 0.0
```

Dále program obsahuje pouze definici pinů, které jsou zastoupeny funkcemi, ve kterých je definováno, co za instrukce se má jejich voláním provést. Funkce může obsahovat čtení některého z pinů, snímání aktuální hodnoty, přiřazení hodnoty, matematický výpočet, podmínky, cykly atd. Pro příklad uvedu speciální funkci, která je volána vždy při změně uživatele a dá se tedy považovat za inicializaci celého měření.

Proměnným sloužícím jako binární se přiřazují hodnoty nula či jedna, což u relé znamená sepnuto či rozepnuto. Proměnným určeným pro 12 bitové D/A převodníky je přiřazena inicializační hodnota která po převodu v rozmezí 0 až 4095. U řízení světla udává nulovou hodnotu napětí, u charakterizačního napětí udává -0,6V.

```
on_user_change {  
  
    rele_03 = 0.0; rele_04 = 0.0;  
  
    rele_05 = 0.0; rele_06 = 0.0;  
  
    rele_08 = 0.0; cell_tmp = 0.0;  
  
    rizeni_svetlo = 2048; rizeni_clanek = 1795;  
  
}
```

Jako další ilustrační příklad uvedu funkci, která není určena přímo ke čtení ani zápisu, neobsahuje klíčová slova dočasných proměnných jako „*result*“ či „*new_value*“, upravuje pouze jednu pomocnou proměnnou. Jedná se o průměrování hodnoty napětí pro výpis do grafu. Frekvence logu pro čtení je nastavena na 2800Hz, výpis hodnoty probíhá s frekvencí 8Hz, jedná se o různé dva piny. Odtud také vyplývá důležité číslo 360, což je poměr logování čtení z voltmetru a výpisem finální hodnoty a znamená, že v jedné vypsané hodnotě je 360 naměřených a zprůměrovaných hodnot. Obdobně středování probíhá u měření proudu či výkonu.

```
pin_read voltmeter_avg {  
  
    sum_input_volt = sum_input_volt + cteni_napeti;  
  
    cnt_input_volt = cnt_input_volt + 1;  
  
    if (cnt_input_volt >= 360) {  
  
        avg_input_volt = sum_input_volt / cnt_input_volt;  
  
        sum_input_volt = 0.0;  
  
        cnt_input_volt = 0.0;  
  
    }  
  
}
```

Dalším typem funkce je ryze čtecí funkce, jejíž návratová hodnota se přiřazuje do dočasné proměnné „*result*“. Zde se jedná právě o vrácení hodnoty průměru napětí z předchozí funkce.

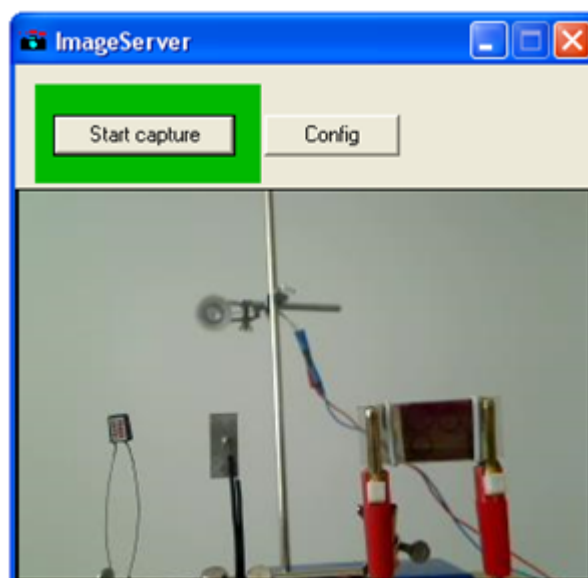
```
pin_read voltmeter {  
  
    result = avg_input_volt;  
  
}
```

Opačným příkladem je funkce pro zápis hodnoty slideru pro řízení hodnoty charakterizačního napětí. Zde je opět přítomna dočasná proměnná, nyní s názvem „*new_value*“, která je použita pro přiřazení nastavené hodnoty.

```
pin_write slider_write {  
  
    rizeni_clanek = new_value;  
  
}
```

8.3 Nastavení ImageServeru

Experiment využívá možnosti pouze jednoho slotu pro ukládání snímků (ze tří dostupných), který je neustále ukládán do složky webserveru, odkud je načítán pomocí Javascriptu a stále zobrazován na HTML stránku a zprostředkováván tímto způsobem do Internetu.



Obr. 31 ImageServer

Nastavené parametry odběru obrazu jsou následující: 5 FPS, umístění přímo do složky webserveru, název *exp.jpeg*, rozlišení 320x240 pixel (bez použití funkce „*resize*“), barevná hloubka RGB 24 a jsou zapnuty oba restarty ovladačů, lokální po sto tisících snímků, globální po jednom milionu snímků.

8.4 Použité Java Applety v HTML stránce

Vzdálený experiment využívá celkem 9 typů appletů, z celkového počtu 28 dostupných. Obsahuje základní applet *ConnectionHub*, další pro ukládání datového záznamu, pro výběr z předchozích měření, dva pro odlišný způsob ukládání dat (volání skriptu), dva grafy (průběžný a konečný), dva slidery, pět výpisů hodnoty veličiny a čtrnáct ovládacích tlačítek. Zde je uveden seznam appletů i s jejich funkcí a popisem, které jsou pro řízení experimentu používány.

8.4.1 ConnectionHub

„*virtuallabmeasureclient.hub.basic.connectionhub.class*“ Tento applet je základním prvkem stránky, která využívá služeb MeasureServeru. Zajišťuje správu připojení k serveru a poskytuje ostatním appletům funkce pro použití jednotlivých služeb. Dále jsou na něm zobrazovány informace o stavu spojení a o zbývajícím čase. Applet musí být ve webové stránce pojmenovaný, aby se na něj mohly ostatní applety odkazovat. Obsahuje pět povinných parametrů, které definují IP adresu, port pro přístup, nastavení možnosti autentizace, a parametry ovládání celého vzdáleného experimentu. Z grafického hlediska není tento applet zobrazen, pouze vypisuje stav komunikace, či zbývajcího času řízení při více uživatelích na serveru.

<param name=server_ip> (IP adresa serveru pro přímé připojení)

<param name=http_server_url> (URL HTTP relay serveru pro HTTP připojení)

<param name=server_port> (port serveru pro přímé připojení)

<param name=authentication_code> (v současnosti nepoužíván)

<param name=use_random> (nenulovost přidá řetězec *?náhodné číslo*)

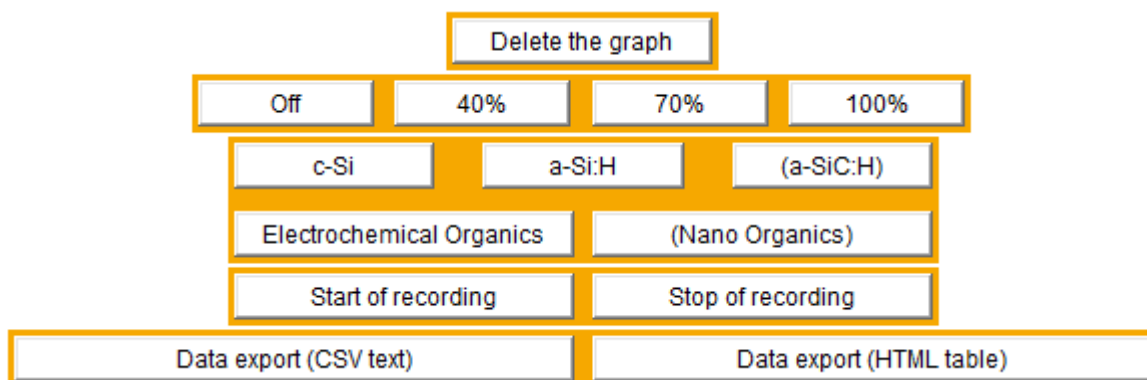
8.4.2 ValueSend

„*virtuallabmeasureclient.hub.modules.valuesend.class*“ Tento applet funguje jako tlačítko, které může generovat událost, nebo zapsat hodnotu na pin, popřípadě obě činnosti současně. V experimentu jsou tlačítka použita pro mazání průběžného grafu, řízení intenzity záření, připojování různých fotovoltických článků k charakterizaci, generování událostí, jako je mazání průběžného grafu, nebo pro začátek a konec ukládání hodnot pomocí Javascriptu. Každé tlačítko potřebuje pouze tři povinné parametry určující jeho řídící hub, popisek zobrazující se na webové stránce a dobu mezi aktualizacemi jeho stavu.

<param name=hub_name> (jméno hubu, který applet používá ke komunikaci)

<param name=description> (text, který se zobrazí na tlačítku)

<param name=refresh> (doba v ms mezi aktualizacemi stavu tlačítka)



Obr. 32 Grafická reprezentace Java appletu ValueSend na webové stránce

8.4.3 Graph2D

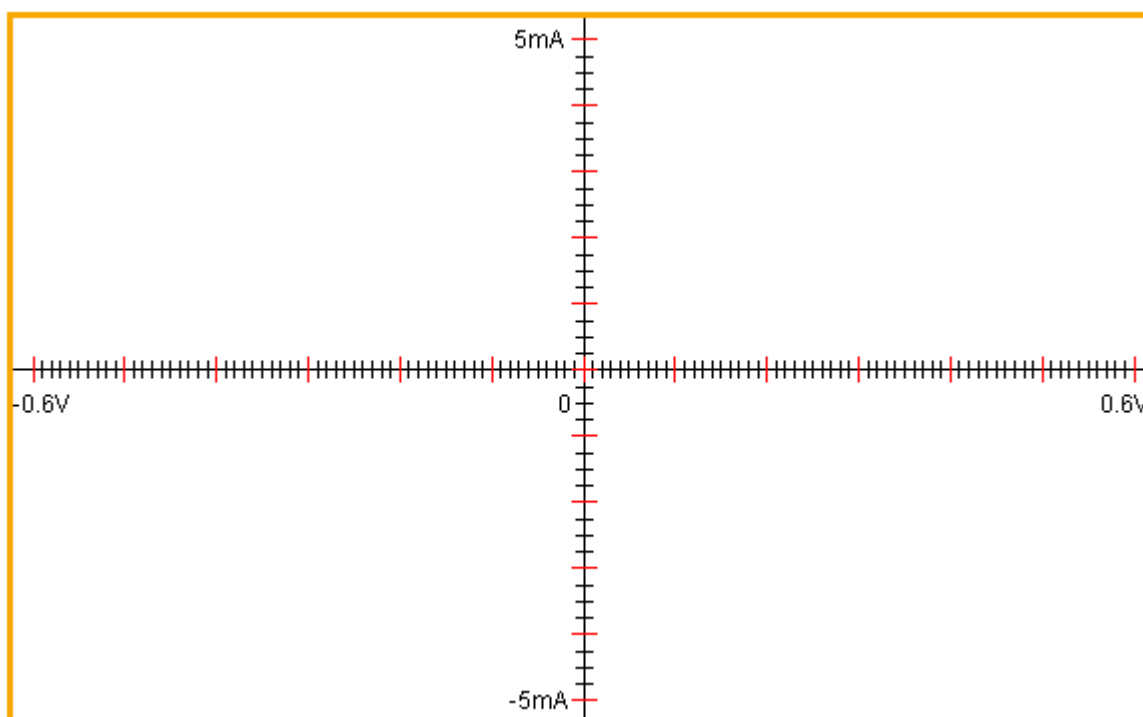
„*virtuallabmeasureclient.hub.modules.graph2d.class*“ Tento applet umožňuje průběžně zobrazovat graf dvou veličin, které jsou měřeny ze dvou pinů. Pro jeho použití je potřeba splnit následující podmínky. Na MeasureServeru musí být zapnut „*fastlog*“ se stejnou frekvencí pro oba piny, které se budou používat. Prvnímu pinu odpovídá vodorovná osa, druhému pinu odpovídá osa svislá. Graf může zobrazovat buď pevně daný rozsah hodnot, nebo měřítko automaticky přizpůsobovat naměřeným hodnotám. V experimentu je tento applet použit pro průběžné zobrazování závislosti proudu na napětí charakterizovaného fotovoltického článku, tedy vykresluje jeho voltampérovou charakteristiku.

Tento applet obsahuje pouze tři povinné parametry, avšak velké množství pomocných, nepovinných parametrů. Mezi povinné patří pouze jméno řídicího hubu a velikost plochy obrazu grafu (jeho výška a šířka).

<param name=hub_name> (jméno hubu, který applet používá ke komunikaci)

<param name=window_width> (šířka obrazu)

<param name=window_height> (výška obrazu)



Obr. 33 Grafická reprezentace Java appletu Graph2D na webové stránce

8.4.4 SingleValue

„*virtuallabmeasureclient.hub.modules.singlevalue.class*“ Applet čte a zobrazuje hodnotu z jednoho pinu na serveru. V experimentu jde o výpis okamžité hodnoty napětí, proudu a výkonu charakterizovaného fotovoltického článku a výpis hodnoty charakterizačního napětí z analogového napěťového výstupu ISESu. Tento applet má všechny dostupné parametry povinné a nastavuje pomocí nich rozsah jméno řídicího hubu, zdrojový pin hodnoty, její jednotku, počet zobrazených desetinných míst a přepočet digitální číselné hodnoty získané z převodníku na požadovaný rozsah.

<param name=hub_name> (jméno hubu, který applet používá ke komunikaci)

<param name=device_name> (pin, jehož hodnota se čte)

<param name=description> (text, který se zobrazí za zobrazenou hodnotou)

<param name=s_min> (spolu s s_max udává povolený rozsah vstupních hodnot)

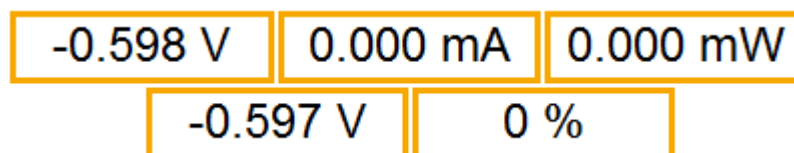
<param name=s_max> (spolu s s_min udává povolený rozsah vstupních hodnot)

<param name=d_min> (spolu s d_max udává rozsah cílových hodnot)

<param name=d_max> (spolu s d_min udává rozsah cílových hodnot)

<param name=refresh> (doba v ms mezi aktualizacemi stavu hodnoty)

<param name=fractional_digit_count> (počet desetinných míst ve výpisu hodnoty)



Obr. 34 Grafická reprezentace Java appletu *SingleValue* na webové stránce

8.4.5 ExperimentControl

„*virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentcontrol.class*“ Tento applet umožňuje nastartovat a ukončit záznam naměřených hodnot v experimentu. Pomocí přepínače je možno zvolit, jestli se má generovat nové číslo experimentu, nebo použít stávající. Na MeasureServeru musí být zapnut *fastlog* pro piny, které budou používány. Povinné parametry jsou pouze dva, jméno řídicího hubu a počet pinů pro záznam.

<param name=hub_name> (jméno hubu, který applet používá ke komunikaci)

<param name=experiment_device_count> (počet pinů, kterých se záznam týká)



Obr. 35 Grafická reprezentace Java appletu *ExperimentControl* na webové stránce

8.4.6 Scrollbar

„*virtuallabmeasureclient.hub.modules.scrollbar.class*“ Pomocí tohoto appletu je možné vytvořit horizontální či vertikální slider (posuvník), který ovlivňuje hodnotu řízeného pinu na serveru. Experiment využívá dvou sliderů, jednoho k řízení výkonu simulátoru slunečního záření (0 až 100%, krok 1%) a druhého pro ovládání charakterizačního napětí (-0,6V až +0,6V, krok 5mV). Applet má celkem devět povinných parametrů, které se starají o ovlivňovaný pin, minimální a maximální nastavitelnou hodnotu, umístění slideru a délku kroku při použití kurzoru či kliknutí přímo do sloupce. Jméno řídicího hubu je samozřejmostí.

<param name=hub_name> (jméno hubu, který applet používá ke komunikaci)

<param name=device_set_name> (adresa řízeného pinu na serveru)

<param name=min_set_value> (minimální nastavovaná hodnota)

<param name=max_set_value> (maximální nastavovaná hodnota)

<param name=controlled> (nenulovost nastavuje závislost na hodnotě pinu)

<param name=horizontal> (nenulovost určuje horizontální, jinak vertikální polohu)

<param name=refresh> (doba v ms mezi aktualizacemi pozice scrollbaru)

<param name=block_change> (změna hodnoty scrollbaru při stisku šipky)

<param name=unit_change> (změna hodnoty scrollbaru při stisku klávesy)



Obr. 36 Grafická reprezentace Java appletu Scrollbar na webové stránce

8.4.7 ExperimentSelect

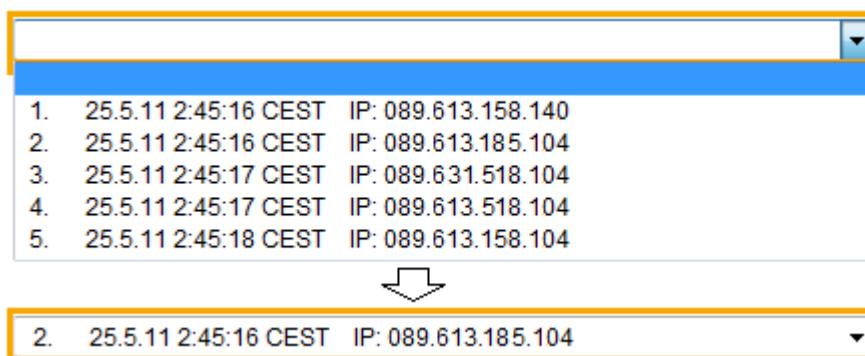
„*virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentselect.class*“ Applet poskytuje pohodlný výběr experimentu, jehož hodnoty se mají zobrazit v grafu. Po kliknutí se zobrazí „listbox“ se seznamem již provedených měření daného experimentu, data lze opětovně zobrazit a exportovat. Tento applet má všechny čtyři parametry pouze povinné, jedná se o jméno řídicího hubu, události výběru hodnot a obnovení seznamu záznamů po vykonání a uložení dalšího měření, a nakonec o index slotu pro vlastní ukládání hodnot.

<param name=hub_name> (jméno hubu, který applet používá ke komunikaci)

<param name=storage_index> (index slotu, do kterého se uloží zadaná hodnota)

<param name=notify_event> (událost generovaná po výběru hodnoty)

<param name=refresh_event> (po příjmu dojde ke znovunačtení seznamu)



Obr. 37 Grafická reprezentace Java appletu *ExperimentSelect* na webové stránce

8.4.8 ExperimentGraph2D

„*virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentgraph2d.class*“ Tento applet umožňuje zobrazit graf dvou veličin měřených ze dvou pinů v rámci jednoho experimentu. Prvnímu pinu opět odpovídá vodorovná osa, druhému pinu odpovídá osa svislá. Osy mohou mít předem určenou délku, nebo se mohou přizpůsobovat obsahu grafu. U experimentu se využívá k zobrazení středovaného měření voltampérové charakteristiky určeného k exportu dat. Applet má celkem šest povinných parametrů, které se starají o velikost grafu, událost generování měření, maximální počet načtených vzorků a čísla slotu s uloženými daty. Jméno řídicího hubu je opět nutno uvést. Po grafické stránce je shodný s Java appletem „*Graph2D*“.

<param name=hub_name> (jméno hubu, který applet používá ke komunikaci)

<param name=max_sample_count> (maximální počet vzorků z experimentu)

<param name=event_id> (číslo události, po příjmu dojde k vygenerování grafu)

<param name=storage_index> (číslo slotu, ve kterém je uloženo číslo experimentu)

<param name=window_width> (šířka obrazu)

<param name=window_height> (výška obrazu)

8.4.9 ExperimentList

„*virtuallabmeasureclient.hub.modules.experimentlist.class*“ Tento applet umožňuje s pomocí Javascriptu zpracovat hodnoty z naměřeného experimentu. Pro tuto činnost používá tři funkce, které uživatel nadefinuje a ve stránce appletu předá pouze jména. Jsou to funkce *data_start(číslo experimentu)*, *data_add(číslo experimentu, data pinu1, data pinu2, ...)* a nakonec poslední z potřebných funkcí *data_end(číslo experimentu)*. Applet po získání dat zavolá nejdříve funkci *data_start*, poté se volá několikrát funkce *data_add*. Při každém zavolání jí předá každý pin do parametru řetězec obsahující maximálně 50 naměřených hodnot. Nakonec se zavolá funkce *data_end*. Applet musí mít ve svém tagu uveden modifikátor *MAYSCRIPT*, aby mohl volat funkce Javascriptu. [12]

Je zde osm povinných parametrů, které zařizují ukládání dat na danou událost, počet uložených vzorků, číslo slotu pro ukládání, počet čtených pinů a jména příslušných funkcí. Uvádí se jméno řídicího hubu. Applet opět není nijak graficky zobrazen.

<param name=hub_name> (jméno hubu, který applet používá ke komunikaci)

<param name=event_id> (události, při níž dojde ke zpracování experimentu)

<param name=storage_index> (číslo slotu, ve kterém je uloženo číslo experimentu)

<param name=device_count> (počet zpracovaných pinů)

<param name=maximal_sample_count> (maximální počet načtených vzorků)

<param name=data_start> (jméno data_start funkce)

<param name=data_add> (jméno data_add funkce)

<param name=data_end> (jméno data_end funkce)

8.5 HTML stránka

Po odeslání požadavku se uživateli načte webová stránka experimentu. Rozdělení stránky na jednotlivé části je v tomto případě důsledně řešeno tabulkami s pevně daným rozměrem, orámováním a barvou pozadí dle fakulty FAI (#F6A800). Celý experiment je graficky zaobalen do estetického kabátku CSS stylů, který obsahuje logo fakulty, název experimentu a blokové rozdělení stránky.

Webová stránka obsahuje zobrazení fyzického pokusu, což je momentálně řešeno pomocí Javascriptu, který stále obnovuje pohled na experiment. K této změně bylo přistoupeno z důvodu nedostatečné funkce příslušného appletu „visualize“, šlo především o dlouhou dobu načtení prvního záběru a také neúměrně dlouhou dobu mezi obnoveními obrazu. Jediný viditelný rozdíl je v absenci tlačítek nastavení jako „High resolution“, „Low resolution“ a „Turn off“ obrazu kamery. Jako obnovovací optimum byla určena doba jedné sekundy, kvůli možnosti pomalejšího internetového připojení vzdáleného experimentátora.

```
<IMG src = "exp.jpeg" border = "1" name = "refresh">

<SCRIPT language = "JavaScript" type = "text/javascript">

image = "exp.jpeg"

function Start() {

    tmp = new Date();

    tmp = "?" + tmp.getTime()

    document.images["refresh"].src = image + tmp

    setTimeout("Start()", 1000) // 1000 = čas obnovení v milisekundách

}

Start();

</SCRIPT>
```

Dále stránka obsahuje jednoduché schéma experimentu, které má jednoduše přiblížit funkci celé aparatury a vlastní grafické komunikační rozhraní experimentu. Zobrazen je graf měřených hodnot, slidery pro ovládání charakterizačního řídicího napětí pro fotovoltické články a výstupního napětí pro ovládání intenzity světla pomocí ISES řídicího panelu. Řízení dále pokračuje pomocí množství tlačítek, která generují různé události nebo zapisují hodnoty do pinů, pět polí s výpisem měřených hodnot (napětí, proud, výkon, intenzita osvětlení, řídicí napětí) a výsledný, již zprůměrovaný graf, určený k exportu naměřených dat. Ve zdrojovém kódu webové stránky jsou dle potřeby jejich zobrazení do tabulek vloženy a následně volány Java applety společně s jejich parametry, pomocí kterých dochází k nastavování hodnot potřebných pro jejich práci.

Webová stránka je pomocí ohraničených tabulek rozdělena na celkem šest celků se specifickou funkcí. První část se zabývá zobrazením průběžného grafu měření voltampérové charakteristiky. Další blok se zabývá řízením charakterizačního napětí, třetí část pracuje s intenzitou simulátoru slunečního záření. Čtvrtý blok se stará o řízení relé, pátý blok se zabývá záznamem hodnot z provedeného experimentu. Poslední část se stará o zobrazení finálního středovaného grafu, který je určen k exportu hodnot.

The screenshot shows a web application interface for a solar cell simulation, organized into six distinct functional blocks, each highlighted with a green circle and a number:

- Block 1:** Titled "UI characteristics of the cell", it displays real-time measurements: $U = -0.598 \text{ V}$, $I = 0.000 \text{ mA}$, and $P = 0.000 \text{ mW}$. A "Delete the graph" button is located in the top right corner.
- Block 2:** Titled "Voltage", it features a horizontal slider control and a digital display showing -0.597 V .
- Block 3:** Titled "Light intensity", it includes buttons for "Off", "40%", "70%", and "100%", along with a slider and a digital display showing 0% .
- Block 4:** Titled "Solar cell type", it allows selection of cell types. Under "Connect silicon cells:", options are "c-Si", "a-Si:H", and "(a-SiC:H)". Under "Connect organic cells:", options are "Electrochemical Organics" and "(Nano Organics)".
- Block 5:** Titled "Data recording", it contains a checkbox labeled "Leave experiment number" (which is checked), and two buttons: "Start of recording" and "Stop of recording".
- Block 6:** Titled "Data export", it features a dropdown menu and two buttons at the bottom: "Data export (CSV text)" and "Data export (HTML table)".

Obr. 38 Rozdělení webové stránky na bloky podle jejich funkce

Legenda: průběžný graf (1), řízení charakterizačního napětí (2), řízení intenzity simulátoru slunečního záření (3), řízení relé (4), záznam hodnot z provedeného experimentu (5), zobrazení finálního středovaného grafu a export dat (6)

Celková podoba appletu ve zdrojovém kódu webové stránky se skládá z párového tagu `<applet>`, ve kterém se vyskytuje jeho hlavička (zdroj kompilovaných appletů, název daného appletu a velikost na stránce) a poté již následují parametry, které se píší do nepárového tagu `<param>` a obsahují vždy jméno daného parametru a jeho hodnotu.

Jako příklad implementace Java appletů ve webové stránce je uveden jednoduchý příklad tlačítka. Parametr nazvaný „*hub*“ určuje jméno řídicího appletu, „*device name*“ určuje řízený pin, „*description*“ zobrazený popis tlačítka, „*value*“ hodnotu poslanou pinu při jeho stisku a „*refresh value*“ znamená dobu mezi aktualizacemi stavu tlačítka v milisekundách.

```
<applet codebase = "/" archive = "virtuallabmeasureclient.jar"

    Code = "virtuallabmeasureclient.hub.modules.valuesend.class"

    width = "88" height = "23">

    <param name = hub_name value = "hub">

    <param name = device_name value = "photovoltaics_light_buttons">

    <param name = description value = "100%">

    <param name = value value = "3048">

    <param name = refresh value = "100">

</applet>
```

8.6 Webserver

V případě tohoto experimentu byl PinkNet Web Server 2.0.1. BETA nahrazen. Původně zamýšlený a v balíku ISES web control kit dodávaný program neměl dostatečnou funkčnost. Především neschopnost načtení webové stránky při její aktualizaci a značnou nespolehlivost. Nyní je experiment sdílen do Internetu pomocí webserveru Nginx.

Webserver Nginx je kompaktní, jednoduchý a především spolehlivý. Neobsahuje žádný dialog ani žádnou grafickou indikaci své funkce. Po zapnutí počítače se pouze pomocí spouštěcího souboru uvede v činnost a od té chvíle poskytuje obsah své složky „*html*“ do Internetu. Tato složka obsahuje jednu složku (grafika CSS stylů) a pět souborů. Index webové stránky, soubor s grafickými styly, schéma pokusu, snímek od ImageServeru a balík kompilovaných Java appletů.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo sestavit plně počítačově orientovaný vzdálený experiment pro charakterizaci různých typů fotovoltaických článků, jenž by se zařadil do souboru experimentů budované e-laboratoře fyziky na Fakultě aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati. Experiment byl sestaven softwarovým řešením zadané úlohy s minimální hardwarovou podporou.

Teoretická část práce se věnuje současnému stavu spotřeby energie lidstva a potřebám hledání alternativních zdrojů energie k nahrazení nutnosti spalování fosilních paliv. V práci se zaměřuji na energii sluneční a shrnuji fyzikální podstatu zkoumaného fotovoltaického jevu jak polovodičových (především křemíkových) fotovoltaických článků, tak i nových, do budoucna zřejmě velmi perspektivních, organických technologií přeměny zářivé energie na elektrickou. Je popsána laboratorní výroba elektrochemického organického fotovoltaického článku, který jsem tímto postupem i vyrobil.

Dále jsou v práci popsány využití metody vytváření laboratorních plně počítačově orientovaných experimentů, jejich hardwarové skladby a softwarových možností. Větší důraz je kladen na jejich pokročilejší vzdáleně řízenou obdobu, tedy na experiment plně přístupný komukoliv přes Internet.

V praktické části je popsána aparatura laboratorního počítačově orientovaného experimentu a jeho možnosti. Podrobněji je popsán způsob převodu na vzdáleně řízený plně počítačově orientovaný experiment, jak po stránce změny jeho hardwarové skladby (jeho rozšíření o periferie i další fotovoltaické články), tak jsou zde popsány i větší možnosti jeho přístupnosti a schopnosti provádět globálně vzdálená měření z kteréhokoliv počítače na Internetu.

Tento experiment bude dále budován a rozšiřován o další charakterizovatelné fotovoltaické články, bude upravován způsob a parametry měření a odečtu dat. Experiment by měl plnit vzdělávací účely především pro studenty, ale samozřejmě může být využíván i širokou veřejností, v uživatelsky a učebně velmi příjemné a jednoduché formě. Velmi důležitým aspektem práce je motivační myšlenka využití sluneční energie.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this bachelor thesis was to design and setup a fully computer-based remote experiment to characterize the different types of photovoltaic cells, forming an e-experiment in e-laboratory of physics at the Faculty of Applied Informatics of Tomas Bata University. The experiment was built by maximum software solutions with minimal hardware support.

The theoretical part describes the current state of mankind energy reserves and the need for finding alternative energy sources to replace the fossil fuels. The focus is primarily on solar energy and we briefly summarize the physical nature of the semiconductor photovoltaic effect (mainly silicon) photovoltaic cells, and the new, for future very promising, organic solar cells. The laboratory production of the electrochemical organic photovoltaic cell is described in detail.

Next the development of laboratory methods used are describes namely the building of the fully computer-oriented experiments and the corresponding hardware and software solutions. The emphasis is laid on the advanced remote-controlled experiments fully accessible globally to anyone via the Internet.

The practical part describes the physics hardware of the apparatus of the computer based laboratory experiment and data processing. In detail is described its transformation to the fully remotely controlled experiment, both as to hardware (the extension of peripherals and other photovoltaic cells) and greater possibilities for access that facility measurements on any computer on the Internet.

This experiment will be improved and extended by other photovoltaic cells, and the data processing will be improved. The experiment should primarily meet the educational purposes for students, but of course can be used by a general public, in the energy sources knowledge dissemination in a very user friendly and easy form. Also very important motivation aspect of the work is the idea of using solar energy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DE RUIJTER, Rudo. *Viewzone* [online]. 2008 [cit. 2011-05-30]. Energy crisis: Turning-point of humanity. Dostupné z WWW: <<http://www.viewzone.com/turnaround/>>.
- [2] LUSTIG, František. *ISES : Zadání úlohy* [online]. Praha, Česká Republika. 7. 10. 2009 [cit. 2011-05-30]. Přeměna solární energie. Dostupné z WWW: <<http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory/experiment/solar-energy-conversion/assignment>>.
- [3] *Water Heater Solar Collector* [online]. [cit. 2011-05-30]. Haining Spider Solar Energy Technology Co., Ltd. Dostupné z WWW: <<http://www.tradett.com/products/u40486p325403/china/water-heater-solar-collector.html>>.
- [4] *Solar Panels In Diverse Usage* [online]. 2011 [cit. 2011-05-30]. Solar Energy Guide. Dostupné z WWW: <<http://greenlivingrocks.com/2011/05/01/solar-panels-in-diverse-usage-29/>>.
- [5] Fotovoltaika. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 3. 1. 2010, last modified on 27. 4. 2011 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaika>>.
- [6] Alexandre Edmond Becquerel. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 11. 5. 2007, last modified on 25. 4. 2011 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Alexandre_Edmond_Becquerel>.
- [7] SMESTAD, Greg P. *Solar Energy Materials & Solar Cells : Education and solar conversion: Demonstrating electron transfer*. Švýcarsko, 1998. 23 s. Institute of Physical Chemistry, ICP-2, Swiss Federal Institute of Technology, EPFL, CH-1015, Lausanne, Switzerland.
- [8] NARAYAN, Monishka R.; RATURI, Atul. *World Renewable Energy Congress 2011 : Fabrication and Characterization of Hibiscus rosa-sinensis based Dye Sensitized Solar Cell*. Linköping, Sweden, 2011. 7 s. University of the South Pacific, Suva, Fiji Islands.

- [9] SCHAUER, František. *Organická fotovoltaika*. Fyzikální ústav - SAV, Bratislava, 2009. 79 s. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [10] LUSTIG, František. *ISES* [online]. 7. 10. 2009 [cit. 2011-05-30]. Internet School Experimental System - iSES. Dostupné z WWW: <<http://www.ises.info/index.php/en/systemises>>.
- [11] LUSTIG, František. *ISES* [online]. 7. 10. 2009 [cit. 2011-05-30]. Software ISESWIN. Dostupné z WWW: <<http://www.ises.info/index.php/cs/systemises/software>>.
- [12] Dokumentace k ISES web control kit : VirtLab. LUSTIG, František. Praha, Česká Republika. s. 59.
- [13] Dokumentace k ISES web control kit : Konfigurace Scriptable Plugin. LUSTIG, František. Praha, Česká Republika. s. 12.
- [14] LIBRA, Martin; POULEK, Vladislav. *Solární energie : Fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*. Příbram : Příbramská tiskárna, s.r.o., 2006. 149 s. ISBN 80-213-1488-5.
- [15] MARKVART, Tom; CASTANER, Luis. *Practical handbook of Photovoltaics : Fundamentals and Applications*. Oxford : Elsevier, 2006. 983 s.
- [16] SUN, Sam-Shajing; SARICIFTCI, Niyazi Serdar. *Organic Photovoltaics : Mechanisms, Materials, and Devices*. United States : CRC Press, 2005. 629 s.
- [17] GERSHENFELD, Neil. *The Physics of Information Technology*. Cambridge : Cambridge University Press, 2000. 370 s.
- [18] FRANK, Helmar. *Fyzika a technika polovodičů*. Praha : SNTL, 1990. 283 s.
- [19] SEDLÁK, Bedřich; ŠTOLL, Ivan. *Elektřina a magnetismus*. Praha : Karolinum, 1993. 599 s.
- [20] SCHAUER, František; KUŘITKA, Ivo; LUSTIG, František. *Creative Laboratory Experiments for Basic Physics Using Computer Data Collection and Evaluation Exemplified on the Intelligent School Experimental System (ISES)* [online]. USA, 2006 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z WWW: [<http://www.ises.info>]. ISBN 0-9741252-5-3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AT	Advanced Technology
A/D	Analog/Digital
CD	Compact Discs
CSS	Cascading Style Sheets
DLL	Dynamic Link Library
D/A	Digital/Analog
EXE	Executable
FPS	Frames Per Second
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
HW	HardWare
IP	Internet Protocol
ISES	Internet School Experimental System
ITO	Indium Tin Oxide
JAR	Java ARchive
JPEG	Joint Photographic Expert Group
LDP	LoaDable Plugin
PC	Personal Computer
PCI	Peripheral Component Interconnect
PN	Pozitivně-Negativní
PSC	Plugin SScript
PV	PhotoVoltaics
RAM	Random Access Memory
RGB	Red-Green-Blue

SW	SoftWare
URL	Uniform Resource Locators
USB	Universal Serial Bus
VFW	Video For Windows
XT	eXTended

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Využívání zdrojů energie lidstvem	11
Obr. 2 Sluneční kolektor pro ohřev vody, různé typy fotovoltaických panelů.....	12
Obr. 3 Objevitel fotoelektrického jevu Alexandre Edmond Becquerel	13
Obr. 4 Využívání různých vlnových délek záření	14
Obr. 5 Princip funkce polovodičového fotovoltaického článku.....	15
Obr. 6 Princip funkce elektrochemického organického článku.....	16
Obr. 7 Princip funkce nanoheterostrukturálního organického článku	17
Obr. 8 Nanesení vrstvy čistého uhlíku na jedno z vodivých skel.....	18
Obr. 9 Nanesení vrstvy oxidu titaničitého na jedno z vodivých skel.....	19
Obr. 10 Hibiscus rosa-sinensis	19
Obr. 11 Absorpce barviva do pórovité struktury oxidu titaničitého	20
Obr. 12 Zkompletovaný elektrochemický organický článek	20
Obr. 13 Internetový Školní Experimentální Systém (ISES)	21
Obr. 14 Zásuvné moduly systému ISES.....	22
Obr. 15 Řídicí panel a převodníková deska systému ISES	22
Obr. 16 Grafické rozhraní softwaru ISESWIN.....	23
Obr. 17 Funkce parametrů u Java appletů.....	32
Obr. 18 Laboratorní počítačově orientovaný experiment.....	34
Obr. 19 Schéma zapojení experimentu.....	35
Obr. 20 Schéma vzdáleného počítačově orientovaného experimentu	36
Obr. 21 Fotodioda, fotovoltaický panel, elektrochemický organický článek.....	37
Obr. 22 Reléová deska	37
Obr. 23 Schéma zapojení funkční části dvupolohových relé.....	38

Obr. 24 Zdroj řízený napětím	38
Obr. 25 Simulátor slunečního záření.....	39
Obr. 26 Zásuvné moduly ampérmetru a voltmetru	39
Obr. 27 ISES řídicí panel ve verzi Professor	40
Obr. 28 Webkamera	40
Obr. 29 Webová stránka.....	42
Obr. 30 MeasureServer	43
Obr. 31 ImageServer	47
Obr. 32 Grafická reprezentace Java appletu ValueSend na webové stránce	49
Obr. 33 Grafická reprezentace Java appletu Graph2D na webové stránce.....	50
Obr. 34 Grafická reprezentace Java appletu SingleValue na webové stránce	51
Obr. 35 Grafická reprezentace Java appletu ExperimentControl na stránce	51
Obr. 36 Grafická reprezentace Java appletu Scrollbar na webové stránce	52
Obr. 37 Grafická reprezentace Java appletu ExperimentSelect na webové stránce	53
Obr. 38 Rozdělení webové stránky na bloky podle jejich funkce	56

SEZNAM PŘÍLOH

PI Řídicí PSC soubor

PŘÍLOHA P I: ŘÍDICÍ PSC SOUBOR

Tento řídicí soubor, jehož způsob programování se nazývá ScriptablePlugin, je nejdokonalejším ze způsobů řízení experimentů. Celý program je zapsán v textovém souboru s příponou psc, uchovává v sobě nastavení měřicích pinů a definuje činnost měření dat. Konfigurace je načtena pouze při startu MeasureServeru, jakákoliv změna obsahu řídicího souboru vyžaduje restart MeasureServeru, aby mohla být uvedena v provoz. Proměnné jsou zde pouze reálná čísla, rozlišují se velká a malá písmena, neexistuje matematické znaménko rovnosti. Operace prováděné skriptem jsou synchronní s během serveru. Podoba řídicího souboru experimentu „Photovoltaic Effect“ je následující.

```
# verze skriptovacího jazyka
```

```
    version 1.0
```

```
# název skriptu
```

```
    name photovoltaics
```

```
# reference na HW plugin
```

```
    using card_lib "C:\Documents and Settings\PC\Plocha\novy measure  
    svr\plugins\PCI1202CardPlugin.ldp" card_config_1
```

```
# importování pinů pro zápis
```

```
    import rizeni_clanek card_lib "Write D/A 1"
```

```
    import rizeni_svetlo card_lib "Write D/A 2"
```

```
    import rele_03 card_lib "Write D 1B3"
```

```
    import rele_04 card_lib "Write D 1B4"
```

```
    import rele_05 card_lib "Write D 1B5"
```

```
    import rele_06 card_lib "Write D 1B6"
```

```
    import rele_08 card_lib "Write D 1B8"
```

```
# importování pinů pro čtení
```

```
    import cteni_napeti card_lib "Read A/D 2"
```

```
    import cteni_proud card_lib "Read A/D 1"
```

```
# definice proměnných
```

```
variable cell_tmp = 0.0
```

```
variable watchdog_counter = 0.0
```

```
variable avg_input_volt = 0.0
```

```
variable sum_input_volt = 0.0
```

```
variable cnt_input_volt = 0.0
```

```
variable avg_input_amper = 0.0
```

```
variable sum_input_amper = 0.0
```

```
variable cnt_input_amper = 0.0
```

```
variable tmp_volt = 0.0
```

```
variable tmp_amper = 0.0
```

```
variable light_tmp = 0.0
```

```
variable cnt_input_watt = 0.0
```

```
variable sum_input_watt_volt = 0.0
```

```
variable sum_input_watt_amper = 0.0
```

```
variable avg_input_watt_volt = 0.0
```

```
variable avg_input_watt_amper = 0.0
```

```
variable input_volt_old = 0.0
```

```
variable input_watt_old = 0.0
```

```
# zastavení generování hodnot, když není komunikace s klientem
```

```
on_each_second {
```

```
    if ( watchdog_counter > 0.0 ) {
```

```
        watchdog_counter = watchdog_counter - 1 ;
```

```
    }
```

```
}
```

speciální blok, inicializace měření při změně či odpojení uživatele, všechna relé

rozepnout, na výstup řízení světla zapsat napětí 0V a -0,6V řídicího napětí pro

charakterizaci fotovoltaického článku

```
on_user_change {  
    rele_03 = 0;  
  
    rele_04 = 0;  
  
    rele_05 = 0;  
  
    rele_06 = 0;  
  
    rele_08 = 0;  
  
    cell_tmp = 0;  
  
    rizeni_svetlo = 2048;  
  
    rizeni_clanek = 1795;  
  
}
```

měření napětí, dva piny s různou frekvencí logování, čtecí pin voltmeter vypisuje do

grafu zprůměrovanou hodnotu skutečně naměřených hodnot pinu voltmeter_avg (350

naměřených hodnot) + korekce výpisu napětí při proudu mimo rozsah

```
pin_read voltmeter_avg {  
  
    sum_input_volt = sum_input_volt + cteni_napeti;  
  
    cnt_input_volt = cnt_input_volt + 1;  
  
    if (cnt_input_volt >= 350) {  
  
        avg_input_volt = sum_input_volt / cnt_input_volt;  
  
        sum_input_volt = 0;  
  
        cnt_input_volt = 0;  
  
    }  
  
}
```

```

pin_read voltmeter {

    if(avg_input_amper > 0) {

        if(avg_input_amper < 4095) {

            input_volt_old = avg_input_volt;

        }

    }

    result = input_volt_old;

}

```

měření proudu, dva piny s různou frekvencí logování, čtecí pin ampermeter vypisuje do
grafu zprůměrovanou hodnotu skutečně naměřených hodnot pinu ampermeter_avg (350
naměřených hodnot) + korekce přeslechu ampérmetru při rozepnutém obvodu

```

pin_read ampermeter_avg {

    sum_input_amper = sum_input_amper + cteni_proud;

    cnt_input_amper = cnt_input_amper + 1;

    if (cnt_input_amper >= 350) {

        avg_input_amper = sum_input_amper / cnt_input_amper;

        sum_input_amper = 0;

        cnt_input_amper = 0;

    }

}

pin_read ampermeter {

    if(cell_tmp < 1) {

        result = 2047.5;

    }

    else {

```

```

        result = avg_input_amper;

    }

}

# výpočet okamžitého výkonu, opět je zvlášť čteno napětí a proud, jsou přemapovány a
# opět průměrovány, odlišně logovány (350 naměřených hodnot) + korekce výpisu výkonu
# při překročení rozsahu proudu

pin_read wattmeter_avg {

    tmp_volt = remap(cteni_napeti, 0, 2048, 4095, -5, 0, 5);

    tmp_amper = remap(cteni_proud, 0, 2048, 4095, -5, 0, 5);

    sum_input_watt_volt = sum_input_watt_volt + tmp_volt;

    sum_input_watt_amper = sum_input_watt_amper + tmp_amper;

    cnt_input_watt = cnt_input_watt + 1;

    if (cnt_input_watt >= 350) {

        avg_input_watt_volt = sum_input_watt_volt / cnt_input_watt;

        avg_input_watt_amper = sum_input_watt_amper / cnt_input_watt;

        sum_input_watt_volt = 0;

        sum_input_watt_amper = 0;

        cnt_input_watt = 0;

    }

}

pin_read wattmeter {

    if (cell_tmp < 1) {

        input_watt_old = 0;

    }

    else {

```



```

        if(avg_input_amper > 0) {

            if(avg_input_amper < 4095) {

                input_watt_old = abs (avg_input_watt_volt *
                avg_input_watt_amper);

            }

        }

    }

    result = input_watt_old;

}

```

ovládání relé pro 5 fotovoltaických článků díky pomocné proměnné, která je čtena jako

událost odeslaná tlačítka z webové stránky

```

pin_write cell {

    cell_tmp = new_value;

    if(cell_tmp > 0) {

        if(cell_tmp < 2) {

            rele_03 = 0; rele_04 = 0; rele_05 = 1; rele_06 = 0; rele_08 = 1; }

        if(cell_tmp > 1) {

            if(cell_tmp < 3) {

                rele_03 = 0; rele_04 = 1; rele_05 = 1; rele_06 = 0; rele_08 = 1; }

            if(cell_tmp > 2) {

                if(cell_tmp < 4) {

                    rele_03 = 0; rele_04 = 0; rele_05 = 1; rele_06 = 1; rele_08 = 1; }

                if(cell_tmp > 3) {

                    if(cell_tmp < 5) {

                        rele_03 = 1; rele_04 = 0; rele_05 = 1; rele_06 = 1; rele_08 = 1; }

                    }

                }

            }

        }

    }

}

```

```
if(cell_tmp > 4) {  
  
if(cell_tmp < 6) {  
  
rele_03 = 0; rele_04 = 0; rele_05 = 0; rele_06 = 0; rele_08 = 1; } }  
  
}
```

ovládání výkonu světla pomocí tlačítek a slideru zároveň, jeho přepoččet pro výpis

procentuální hodnoty v experimentu

```
pin_write light_power {  
  
rizeni_svetlo = new_value;  
  
light_tmp = rizeni_svetlo;  
  
}
```

```
pin_write light_buttons_write {  
  
light_tmp = new_value;  
  
rizeni_svetlo = new_value;  
  
}
```

```
pin_read light_buttons_read {  
  
result = light_tmp;  
  
}
```

```
pin_read light {  
  
result = (rizeni_svetlo - 2048)/10;  
  
}
```

změna řídicího napětí pomocí slideru, přepoččet a výpis jeho hodnoty v experimentu

```
pin_write slider_write {  
  
rizeni_clanek = new_value;  
  
}
```

```
pin_read slider_read {
```

```
    result = rizeni_clanek;
```

```
  }
```

```
pin_read slider_show {
```

```
    result = (rizeni_clanek-2040)/408;
```

```
  }
```